T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAF ÖMRÜ UZUN LÜPEN UNU ÜRETİMİ VE BESİNSEL-FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ GELİŞTİRİLMİŞ MAKARNA VE EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Elif YAVER

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Elif YAVER

Tarih: 15.06.2021

ÖZET

DOKTORA TEZİ

RAF ÖMRÜ UZUN LÜPEN UNU ÜRETİMİ VE BESİNSEL-FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ GELİŞTİRİLMİŞ MAKARNA VE EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Elif YAVER

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

2021, 311 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Prof. Dr. Selman TÜRKER
Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL
Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ
Doç. Dr. Hacer LEVENT

Bu çalışmanın ilk aşamasında, lüpenin acılığının giderilmesi için farklı sıcaklık (25 ve 65°C'de) ve sürelerde (her 4 saatte bir 10, 15, 20 ve 25 dk) kullanılan ultrason uygulamasının geleneksel acılık giderme yöntemi ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. İkinci aşamada acılığı giderilen lüpenler öğütülerek un haline getirilmiş ve çeşitli stabilizasyon yöntemleri (kuru kavurma ve mikrodalga) ve ambalajlama tekniklerinin (kraft ve vakum paketleme) depolama süresince (0, 2, 4 ve 6 ay) lüpen unlarının bazı kalite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında; geleneksel yöntem ve ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş en uzun raf ömrüne sahip lüpen unları, dirençli nişasta (DN) ile birlikte makarna ve ekmek üretiminde kullanılmış ve son ürünün bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Son aşamada ise teknolojik özellikler bakımından ümitvar bulunan makarna ve ekmek örneklerinin kalite özellikleri katkılama ile geliştirilmeye çalışılmıştır. Makarna denemelerinde; lüpen unu üç farklı oranda (%0, 10, 15 ve 20), DN ise iki farklı oranda (%0, 5 ve 10) makarna üretiminde kullanılmıştır. Bu aşamada ümitvar bulunan %15 lüpen unu+%10 DN içeren örneklerin teknolojik kalitesini yükseltmek için vital gluten, transglutaminaz ve vital gluten+transglutaminaz kombinasyonunun etkileri incelenmiştir. Ekmek denemelerinde ise; üç farklı oranda (%0, 10, 15 ve 20) lüpen unu ve iki farklı oranda (%0, 5 ve 10) DN kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada ümitvar bulunan %10 lüpen unu+%10 DN içeren örneklerin teknolojik kalitesini yükseltmek için vital gluten, sodyum stearol-2-laktilat (SSL) ve vital gluten+SSL kombinasyonunun etkileri araştırılmıştır.

Geleneksel yöntem ile 144 saat süren acılık giderme işlemi, ultrason uygulaması (25°C - her 4 saatte bir 25 dk) ile 60 saate düşürülmüştür. Kuru kavurma stabilizasyon yöntemi, acılığı giderilmiş lüpen unlarının muhafazasında en uzun raf ömrünü sağlamıştır. Lüpen unu oranının artması makarnaların *b** değerini artırırken, artan DN oranı ile birlikte örneklerin *b** değeri düşmüştür. Lüpen unu ve DN kullanımı ile makarnaların hacim artışı ve sıkılık değerleri azalmış, suya geçen kuru madde miktarı artmıştır. Lüpen unu oranındaki artış makarnaların yağ, protein, toplam diyet lifi, Ca, P, Cu, Mn ve Zn miktarının artmasını sağlamıştır. DN ilavesi ile makarnaların toplam diyet lifi ve DN miktarı artmış, fitik asit ve *in vitro* glisemik indeks değeri düşmüştür. Yüksek oranda lüpen unu ve DN kullanımı, makarnaların genel beğeni puanlarını düşürmüştür. Katkı maddelerinin kullanımı, makarnaların teknolojik kalitesini ve duyusal özelliklerini geliştirmiştir. %15 lüpen unu+%10 DN içeren makarnalarda vital gluten kullanımı, %100 buğday irmiği makarnasına yakın tat, yapışkanlık ve genel beğeni puanları sağlamıştır. Ekmek üretiminde ultrason uygulaması ile acılığı giderilmiş lüpen unu kullanımı, geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu

içeren ekmeklere göre daha yüksek hacim ve spesifik hacim değerleri ile daha düşük ağırlık, sıkılık, sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri elde edilmesine imkan vermiştir. Artan lüpen unu oranı ile birlikte; ekmek örneklerinin ağırlık, sıkılık, sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri yükselmiş, hacim ve spesifik hacim değerleri ise düşmüştür. %5 oranında DN kullanımı, DN içermeyen ekmek örneğine yakın hacim ve spesifik hacim değerleri vermiştir. Ekmek üretiminde lüpen unu kullanımı ile örneklerin kül, yağ, protein, toplam diyet lifi, fitik asit, Ca, Mg, P, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarı artmıştır. Ekmek üretiminde kullanılan DN oranındaki artış ekmeklerin kül, toplam diyet lifi, DN ve P miktarını artırırken; protein, fitik asit, toplam fenolik madde, *in vitro* glisemik indeks, K ve Mg değerlerini azaltmıştır. %10 lüpen unu+%5 DN ihtiva eden ekmek örneğinin %100 buğday unu ekmeğine yakın genel beğeni puanı aldığı ve bunu %10 lüpen unu+%10 DN içeren örneğin takip ettiği görülmüştür. %10 lüpen unu+%10 DN içeren ekmek formülasyonuna ilave edilen bütün katkı maddelerinin, ekmek örneklerinin teknolojik kalitesini iyileştirdiği, en etkili sonuçların ise vital gluten+SSL katkısı ile elde edildiği belirlenmiştir. %10 lüpen unu+%10 DN+vital gluten+SSL ve %10 lüpen unu+%10 DN+vital gluten ihtiva eden ekmek örneklerinde, %100 buğday unu ekmeğine yakın tat, koku, görünüş, simetri, gözenek yapısı ve genel beğeni puanları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Acılık giderme, dirençli nişasta, ekmek, katkı, lüpen, makarna, stabilizasyon, ultrason

ABSTRACT

Ph.D THESIS

PRODUCTION OF LUPIN FLOUR WITH PROLONGED SHELF LIFE AND UTILIZATION IN PASTA AND BREAD PRODUCTION FOR IMPROVEMENT NUTRITIONAL-FUNCTIONAL PROPERTIES

Elif YAVER

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

2021, 311 Pages

Jury
Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Prof. Dr. Selman TÜRKER
Assoc. Prof. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL
Assoc. Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ
Assoc. Prof. Dr. Hacer LEVENT

In the first stage of this study, it was aimed to compare the use of ultrasound to relieve the bitterness of lupin at different temperatures (25 and 65°C) and durations (10, 15, 20 and 25 minutes every 4 hours) with the traditional debittering method. In the second stage, the debittered lupins were ground into flour and the effects of various stabilization methods (dry roasting and microwave) and packaging techniques (kraft and vacuum) on some quality properties of lupin flours during storage (0, 2, 4 and 6 months) were investigated. In the third stage of the study, lupin flours debittered by traditional method and ultrasound application, with the longest shelf life, and resistant starch (RS) were used in pasta and bread production, and their effects on some physical, chemical and sensory properties of the end products were investigated. In the last stage of the study, various additives were used to improve the quality of pasta and bread samples which are promising in terms of technological properties. In the pasta trials, lupin flour at three different ratios (0, 10, 15 and 20%) and RS at two different ratios (0, 5 and 10%) were used in pasta production. At this stage, the effects of vital gluten, transglutaminase and vital gluten+transglutaminase to improve the technological quality of the samples containing 15% lupin flour+10% RS were investigated. In the bread trials, lupin flour at three different ratios (0, 10, 15 and 20%) and RS at two different ratios (0, 5 and 10%) were used. At this stage, the effects of vital gluten, sodium stearoyl-2-lactylate (SSL) and vital gluten+SSL to improve the technological quality of the samples containing 10% lupin flour+10% RS were investigated.

The debittering process with traditional method for 144 hours was reduced to 60 hours by ultrasound application (25°C - 25 minutes every 4 hours). Dry roasting stabilization method provided the longest shelf life in the preservation of debittered lupin flours. While the increase in lupin flour ratio increased *b** value of the pasta, increasing ratios of RS decreased *b** values of the samples. With the use of lupin flour and RS, the volume increase and firmness values of the pasta decreased and cooking loss value increased. The increase in lupin flour ratio provided an increase in the content of fat, protein, total dietary fiber, Ca, P, Cu, Mn and Zn of the pasta. With the addition of RS, total dietary fiber and RS amount of the pasta increased, phytic acid and *in vitro* glycemic index values decreased. The use of high ratios of lupin flour and RS decreased the overall acceptability scores of the pasta. The use of additives improved the technological quality and sensory properties of the pasta. The use of vital gluten in pasta containing 15%

lupin flour+10% RS provided closer taste, stickiness and overall acceptability scores to 100% wheat semolina pasta. The use of lupin flour debittered by ultrasound application in the bread production, provided higher volume and specific volume values and lower weight, firmness, hardness and chewiness values compared to bread containing lupin flour debittered by traditional method. With the increasing lupin flour ratio, weight, firmness, hardness and chewiness values of the bread samples increased, the volume and specific volume values decreased. Volume and specific volume values of bread containing 5% RS were close to bread sample without RS. The ash, fat, protein, total dietary fiber, phytic acid, Ca, Mg, P, Cu, Fe, Mn and Zn values of bread samples increased with the use of lupin flour in bread production. While the increase in the ratio of RS used in bread samples increased the ash, total dietary fiber, RS and P content of bread samples, protein, phytic acid, total phenolic content, *in vitro* glycemic index, K and Mg values decreased. The bread containing 10% lupin flour+5% RS had an overall acceptability score close to 100% wheat flour bread, followed by bread containing 10% lupin flour+10% RS. It was determined that all additives added to the bread formulation containing 10% lupin flour+10% RS improved the technological quality of bread samples, and the most effective results were obtained with the addition of vital gluten+SSL. The taste, odor, appearance, symmetry, crumb grain and overall acceptability scores of bread containing 10% lupin flour+10% RS+vital gluten+SSL and 10% lupin flour+10% RS+vital gluten were close to 100% wheat flour bread.

Keywords: Additives, bread, debittering, lupin, pasta, resistant starch, stabilization, ultrasound

ÖNSÖZ

Bu çalışmada; besinsel ve fonksiyonel özellikler açısından zengin bir baklagil olan lüpenin bilinirliğinin ve tüketiminin artırılması amaçlanmış, elde edilen sonuçlar tahıl ürünleri başta olmak üzere birçok yeni gıda formülasyonunun geliştirilmesinde lüpenin başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimim süresince akademik danışmanım olmasından onur duyduğum, eğitim hayatım boyunca maddi-manevi hiçbir desteğini esirgemeden sabırla beni yetiştiren, bu araştırmanın planlanması, gerçekleştirilmesi ve yazımına kadar her aşamasında yol gösterici olan saygı değer hocam Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ'ye şükranlarımı sunarım.

Lisans ve lisansüstü öğrenimimin her aşamasında desteklerini gördüğüm, bu çalışmanın yürütülmesinde değerli önerileri ve uzmanlığı ile katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Selman TÜRKER hocama, laboratuvar çalışmalarında beni yönlendiren ve hiçbir zaman desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL hocama, kendi uzmanlık alanında sorduğum hiçbir soruyu cevapsız bırakmayan, her zaman desteğini hissettiğim Sayın Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU hocama ve Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda bulunan öğretim üyesi hocalarıma çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim boyunca YÖK 100/2000 Doktora Projesi ile 100/2000 YÖK Doktora Bursu almamı sağlayan Yükseköğretim Kurulu'na (YÖK) ve 119O071 no'lu TÜBİTAK 1002 projesi ile bu çalışmanın bir kısmını destekleyerek proje süresince burs imkanı veren TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini hissettiren, anlayışlarını ve sabırlarını eksik etmeyen değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bir kısmı TÜBİTAK tarafından 119O071 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Elif YAVER
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ ..... **viii**

İÇİNDEKİLER ..... **ix**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

2.1. Lüpen (*Lupinus albus* L.) 4
2.2. Dirençli Nişasta (DN) 8
2.3. Ultrason Teknolojisi 12
2.4. Stabilizasyon ve Depolama Stabilitesi 15
2.5. Lüpen ve Dirençli Nişasta (DN) Katkılı Makarna Üzerine Yapılan Çalışmalar 20
2.6. Lüpen ve Dirençli Nişasta (DN) Katkılı Ekmek Üzerine Yapılan Çalışmalar 23

3. MATERYAL VE YÖNTEM **27**

3.1. Materyal 27
3.2. Yöntem 27
3.2.1. Deneme planı 27
3.2.2. Acılık giderme 28
3.2.3. Lüpen unlarının stabilizasyonu ve depolanması 29
3.2.4. Makarna üretimi 30
3.2.5. Ekmek üretimi 31
3.2.6. Laboratuvar analizleri 33
3.2.6.1. Acılık giderme aşamasında yapılan analizler 33
3.2.6.1.1. Toplam alkaloit miktarı 33
3.2.6.1.2. Renk ölçümü 34
3.2.6.1.3. Toplam karotenoid miktarı 34
3.2.6.2. Depolama süresince yapılan analizler 35
3.2.6.2.1. Renk ölçümü 35
3.2.6.2.2. Serbest asitlik 35
3.2.6.3. Hammadde analizleri 35
3.2.6.3.1. Renk ölçümü 36
3.2.6.3.2. Kimyasal analizler 36
3.2.6.3.2.1. Kül 36
3.2.6.3.2.2. Ham yağ 36
3.2.6.3.2.3. Ham protein 36
3.2.6.3.2.4. Toplam diyet lifi 36

3.2.6.3.2.5. Dirençli nişasta (DN) 37
3.2.6.3.2.6. Fitik asit 38
3.2.6.3.2.7. Toplam fenolik madde 38
3.2.6.3.2.8. Antioksidan aktivite 38
3.2.6.3.2.9. *In vitro* glisemik indeks 39
3.2.6.3.2.10. Mineral madde 40
3.2.6.4. Makarna analizleri 41
3.2.6.4.1. Renk ölçümü 41
3.2.6.4.2. Ağırlık ve hacim artışı 41
3.2.6.4.3. Suya geçen kuru madde miktarı 41
3.2.6.4.4. Sıkılık 41
3.2.6.4.5. Kimyasal analizler 42
3.2.6.4.6. Duyusal analizler 42
3.2.6.5. Ekmek analizleri 42
3.2.6.5.1. Renk ölçümü 42
3.2.6.5.2. Ağırlık, hacim ve spesifik hacim 42
3.2.6.5.3. Tekstür analizleri 43
3.2.6.5.4. Kimyasal analizler 43
3.2.6.5.5. Duyusal analizler 43
3.2.7. İstatistiki analizler 43

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 44

4.1. Acılık Giderme Analiz Sonuçları 44
4.1.1. Toplam alkaloit miktarı 44
4.1.2. Renk değerleri 48
4.1.3. Toplam karotenoid miktarı 56
4.2. Stabilizasyon ve Depolama Süresince Yapılan Analiz Sonuçları 60
4.2.1. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının renk değerleri 60
4.2.2. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının serbest asitlik değerleri 68
4.2.3. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının renk değerleri 71
4.2.4. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının serbest asitlik değerleri 80
4.3. Hammadde Analiz Sonuçları 82
4.3.1. Renk değerleri 83
4.3.2. Kimyasal analiz sonuçları 84
4.3.3. Mineral madde 91
4.4. Makarna Analiz Sonuçları 94
4.4.1. Renk değerleri 94
4.4.2. Pişirme testi ve sıkılık analiz sonuçları 99
4.4.2.1. Ağırlık artışı 99
4.4.2.2. Hacim artışı 102
4.4.2.3. Suya geçen kuru madde (SGKM) miktarı 104
4.4.2.4. Sıkılık 106
4.4.3. Kimyasal analiz sonuçları 108
4.4.3.1. Kül 108
4.4.3.2. Yağ 111
4.4.3.3. Protein 112
4.4.3.4. Toplam diyet lifi 113
4.4.3.5. Dirençli nişasta (DN) 115
4.4.3.6. Fitik asit 116

4.4.3.7. Toplam fenolik madde 119
4.4.3.8. Antioksidan aktivite 119
4.4.3.9. *In vitro* glisemik indeks 120
4.4.3.10. Mineral madde 123
4.4.4. Duyusal analiz sonuçları 132
4.5. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Üretilen Makarna Örneklerine Ait Analiz Sonuçları 135
4.5.1. Renk değerleri 135
4.5.2. Pişirme testi ve sıkılık analiz sonuçları 139
4.5.2.1. Ağırlık artışı 140
4.5.2.2. Hacim artışı 142
4.5.2.3. Suya geçen kuru madde (SGKM) miktarı 143
4.5.2.4. Sıkılık 144
4.5.3. Duyusal analiz sonuçları 146
4.6. Ekmek Analiz Sonuçları 148
4.6.1. Renk değerleri 149
4.6.2. Ağırlık 157
4.6.3. Hacim 162
4.6.4. Spesifik hacim 165
4.6.5. Tekstür analiz sonuçları 167
4.6.6. Kimyasal analiz sonuçları 184
4.6.6.1. Kül 184
4.6.6.2. Yağ 187
4.6.6.3. Protein 188
4.6.6.4. Toplam diyet lifi 189
4.6.6.5. Dirençli nişasta (DN) 191
4.6.6.6. Fitik asit 192
4.6.6.7. Toplam fenolik madde 195
4.6.6.8. Antioksidan aktivite 196
4.6.6.9. *In vitro* glisemik indeks 196
4.6.6.10. Mineral madde 198
4.6.7. Duyusal analiz sonuçları 208
4.7. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Üretilen Ekmek Örneklerine Ait Analiz Sonuçları 211
4.7.1. Renk değerleri 211
4.7.2. Ağırlık 218
4.7.3. Hacim 220
4.7.4. Spesifik hacim 222
4.7.5. Tekstür analiz sonuçları 223
4.7.6. Duyusal analiz sonuçları 238

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 241

5.1 Sonuçlar 241
5.2 Öneriler 251

6. KAYNAKLAR 252

EKLER 306

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

*a**	: (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri
*b**	: (+) sarı, (-) mavi renk değeri
Ca	: Kalsiyum
cm	: Santimetre
cm^2	: Santimetre kare
Cu	: Bakır
d	: Day
dk	: Dakika
F	: Force (kuvvet)
Fe	: Demir
g	: Gram
g	: Gravite
GHz	: Gigahertz
Hz	: Hertz
K	: Potasyum
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kHz	: Kilohertz
kW	: Kilowatt
*L**	: (0) siyah-(100) beyaz
M	: Molar
m^2	: Metrekare
meq	: Milliequivalent
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
MHz	: Megahertz
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
Mn	: Mangan
N	: Newton
nm	: Nanometre
P	: Fosfor
rpm	: Revolutions per minute (dakikadaki devir sayısı)
sn	: Saniye
U	: Unit
v	: Volume
w	: Weight
W	: Watt
Zn	: Çinko
α	: Alfa
µ	: Mikron
µg	: Mikrogram
ΔE	: Toplam renk farkı

Kısaltmalar

AA	: Askorbik asit
Abs	: Absorbans
DN	: Dirençli nişasta
DPPH	: 2-2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
GALU	: Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu
GOPOD	: Glikoz oksidaz/peroksidaz reaktifi
KM	: Kuru madde
SGKM	: Suya geçen kuru madde
SSL	: Sodyum stearol-2-laktilat
Std	: Standart sapma
TG	: Transglutaminaz
UALU	: Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu
UV	: Ultraviyole
VG	: Vital gluten

1. GİRİŞ

Binlerce yıldır ekimi yapılan ve antik bir baklagil tanesi olan lüpen (*Lupinus* spp.); Akdeniz çevresinde, Balkanlar, Asya, Avrupa ve Güney Amerika'da yetiştirilmektedir. Ticari olarak yetiştirilen lüpen çeşitleri; *Lupinus angustifolius* (tatlı lüpen), *Lupinus albus* (beyaz lüpen), *Lupinus mutabilis* ve *Lupinus luteus* (sarı lüpen)'tur (Mülayim ve ark., 2002). Protein ve diyet lif için önemli bir kaynak olan lüpenin bileşiminde; aynı zamanda yağ, α-tokoferol, tiamin, riboflavin, C vitamini ve çeşitli mineraller bulunmaktadır (Dervas ve ark., 1999; Martinez-Villaluenga ve ark., 2006; Mohammed ve ark., 2017). Zengin besinsel kompozisyonunun yanı sıra, lüpen antioksidan kapasitesi yüksek fitokimyasallar da içermektedir (Oomah ve ark., 2006). Diğer taraftan, allerjenler ve antibesinsel bileşikler ile toksik alkaloitler de ihtiva etmektedir. Tatlı lüpen çeşitlerinde alkaloit miktarı çok düşük seviyelerde (0.003-0.01 g/100 g) bulunurken (Wasche ve ark., 2001), acı çeşitlerde bu oran (1.6-5.0 g/100 g) oldukça yüksektir (Todorov ve ark., 1996). Alkaloit içeriğinin azaltılması için, acı lüpen kaynatma ve 5-6 gün suda bekletme proseslerine tabi tutulmaktadır.

Acı lüpen çeşitlerinin acılığının giderilebilmesi için aşırı su (ortalama 51 kg/kg lüpen), enerji (22.5-50.0 MJ/kg lüpen) ve zaman (ortalama 4.4 gün) tüketimi söz konusu olmaktadır (Jimenez-Martinez ve ark., 2003; Carvajal-Larenas ve ark., 2013). Literatürde lüpenin acılığının giderilmesine yönelik olarak çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan bazılarında; basınçlı çalkalama (Carvajal-Larenas ve ark., 2015), bakteriyel detoksifikasyon (Santana ve Empis, 2001), kimyasal çözelti ile acılık giderme (Erbaş, 2010) ve tuzlu su ile ıslatma (Mohammed ve ark., 2017) gibi yöntemler kullanılmıştır.

Ultrason teknolojisi; güvenilir, toksik olmayan ve çevre dostu bir yöntemdir (Aday ve ark., 2013). Sulu ortamlarda, ultrason uygulamasının kavitasyon etkisi ile organik materyalde doku tahrip edilmekte ve ekstraksiyon işlemlerinde verim artışı sağlanmaktadır (Suslick, 1988; Scherba ve ark., 1991; Mason ve ark., 1994; Vercet ve ark., 1997; Mason, 1998; Villamiel ve ark., 1999; Toma ve ark., 2001). Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında, ultrason destekli ekstraksiyon daha yüksek verim, kısa ekstraksiyon süresi, düşük oranda çözücü tüketimi ve yüksek otomasyon seviyesi gibi avantajlar sunmaktadır (Jerman ve ark., 2010). Ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile; tıbbi bitkiler, otlar, tohumlar ve zeytin gibi bitkisel ürünlerde

acılığa sebep olan maddelerin uzaklaştırılması başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Vinatoru, 2001; Habibi ve ark., 2016).

Doymamış yağ asitlerince (özellikle oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit) zengin bir bileşime sahip olan lüpen yağı (Yorgancılar ve Bilgiçli, 2014) ile lüpenin enzim aktivitesi (Stephany ve ark., 2015), acılaşmaya sebep olarak lüpen ununun raf ömrünü kısaltmaktadır. Yağ içeriği ve enzim aktivitesi (özellikle lipaz, lipoksigenaz ve peroksidaz) yüksek gıdalarda, raf ömrünün uzatılması amacıyla çeşitli stabilizasyon yöntemleri kullanılabilmektedir. Bunlardan bazıları; kuru ısıl işlem, fırınlama, kavurma, otoklavlama, mikrodalga, kızılötesi ve ultraviyole radyasyondur (Pınarlı, 2004; Srivastava ve ark., 2007).

Enzimatik direnci nedeniyle sindirilmeden kalın bağırsağa ulaşan dirençli nişasta (DN), AACC (2001) tarafından verilen diyet lif tanımına uymakta ve diyet lif olarak sınıflandırılmaktadır (Sajilata ve ark., 2006). DN'nin insan sağlığı üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda; kolon kanserini önlediği (Asp ve Bjorck, 1992), prebiyotik etkilerinin bulunduğu (Brown ve ark., 1996), tip 2 diyabet riskini düşürdüğü (Meyer ve ark., 2000), safra taşı oluşumunu azalttığı (Birkett ve ark., 2000), postprandiyal lipit oksidasyonunu artırarak uzun dönemde yağ birikimini önlediği (Higgins ve ark., 2004), kalsiyum ve demir emilimini artırdığı (Morais ve ark., 1996) raporlanmıştır.

Partikül boyutu küçük, beyaz renkli ve nötr tatta olan DN, birçok gıda için istenen viskozite artışı, jel oluşumu ve su bağlama kapasitesi gibi fizikokimyasal özelliklere sahiptir (Fausto ve ark., 1997). DN'nin bu özellikleri, ürün kalitesini önemli derecede etkilemeden, buğday unu/irmik ile yer değiştirilmesine olanak vermektedir. Bu sayede DN, eklendiği ürünü sadece lifçe zenginleştirmekle kalmaz, yüksek lif içeren gıdalarda görülen teknolojik kalite kaybını en aza indirgemektedir (Tharanathan ve Mahadevamma, 2003). DN; ekmek, makarna, bisküvi, kek, kahvaltılık tahıllar ve çeşitli içeceklerin lifçe zenginleştirilmesi amacıyla kullanılabilmektedir (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010; Raigond ve ark., 2015).

Makarna ve ekmek, ülkemizde en yaygın tüketilen tahıl ürünleri arasında yer almaktadır. Günümüzdeki tüketicilerin sağlıklı beslenme açısından daha bilinçli hale gelmesi, besinsel ve fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş ürünlere olan talebi artırmıştır. Bu durum, hem üreticileri hem de bilim insanlarını buğday esaslı gıdalardan olan ve yaygın şekilde tüketilen makarna ve ekmeğin besinsel ve fonksiyonel açıdan zenginleştirilmesine yönlendirmiştir. Bu amaçla kullanılabilecek lüpen unu ile birlikte DN, makarna ile ekmeğin protein ve diyet lif içeriğini zenginleştirebilecek fonksiyonel

bileşenler arasında yer almaktadır. Hububat ürünlerinde yüksek oranda lüpen unu ve DN kullanıldığında, teknolojik kalitede kayıplar meydana gelebilmektedir. Bu kayıpların giderilmesi ve ürünün teknolojik kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla çeşitli katkı maddelerinin kullanımı söz konusu olabilmektedir.

Bu çalışmanın ilk kısmında; acı lüpene, acılık giderme prosesi uygulanarak, geleneksel acılık giderme metoduna alternatif, endüstriye uyarlanabilir, hızlı bir metot geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında, ilk kısımda üretilen acılığı giderilmiş lüpenlerin öğütülmesiyle elde edilen unlarda çeşitli stabilizasyon metotlarının (kuru kavurma ve mikrodalga) ve depolama yöntemlerinin (oda sıcaklığında, kraft ve vakum paketleme) raf ömrüne etkisi incelenerek, raf ömrü uzun lüpen unu üretimi hedeflenmiştir. Çalışmanın üçüncü kısmında, kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilen lüpen ununun üç farklı oranda (%0, 10, 15 ve 20) ve DN'nin ise iki farklı oranda (%0, 5 ve 10) makarna ve ekmek üretiminde kullanımının, son ürünün fiziksel, kimyasal, besinsel ve duyusal özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın son aşamasında, lüpen unu ve DN kullanım oranı arttıkça ürünlerin teknolojik kalitelerinde oluşan kayıpların giderilmesi için katkılama (vital gluten, sodyum stearol-2-laktilat (SSL) ve transglutaminaz) denemeleri yapılarak, bu katkıların ürünlerin fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Lüpen (*Lupinus albus* L.)

Antik bir baklagil çeşidi olan lüpen (*Lupinus* spp.), 4000 yıldan daha uzun bir geçmişe sahiptir (Kurlovich, 2002). M.Ö. 2000 yıllarında, Mısır ve Antik Yunan'da tıp ve kozmetikte kullanımının yanı sıra, insan ve hayvan tüketimi için de lüpen yetiştirildiği belirlenmiştir. Akdeniz ülkelerinde yeşil gübre olarak kullanılan lüpen, daha sonraki yüzyıllarda evcilleştirilerek Amerika kıtası, Baltık ülkeleri, Almanya, İsveç, Rusya ve Avustralya'ya kadar yayılmıştır (van de Noort, 2017).

Lüpene ait 400'den fazla çeşit bulunduğu bilinmekle birlikte, bunlardan sadece 4 tanesi ticari olarak yetiştirilmektedir (Reinhard ve ark., 2006). Bu çeşitler; *Lupinus albus, L. angustifolius, L. luteus* ve *L. mutabilis*'tir. Mavi dar yapraklı lüpen (*L. angustifolius),* beyaz geniş yapraklı lüpen (*L. albus*) ve sarı lüpen (*L. luteus*) ekimi yapılan başlıca lüpen çeşitleridir.

Yirminci yüzyılda tarımın ilerlemesi ile birlikte, gıda üreticileri başta olmak üzere ilaç, gıda işleme ve hatta kozmetik endüstrilerinin beyaz lüpene (*L. albus*) olan ilgisi önemli ölçüde artmıştır (Prusinski, 2015; 2017). Bununla birlikte, beyaz lüpenin ticari olarak kullanımı hala yetersiz ve sınırlıdır (Swan, 2000).

Besleyici değeri yüksek olan lüpen, dünyanın çeşitli bölgelerinde insan ve hayvan beslenmesinde protein (%30.70-52.90) kaynağı olarak kullanılmaktadır (Wasilewko ve Buraczewska, 1999; Kohajdova ve ark., 2011; Bahr ve ark., 2014). Sülfür içeren aminoasitlerce fakir olan lüpen proteinleri, yüksek lisin içeriğine sahip olup, protein sindirilebilirlik oranı %80.72'dir (Guemes-Vera ve ark., 2012). Soya fasulyesine benzer aminoasit profiline sahip lüpenin bileşiminde (Jayasena ve Quail, 2004); 2.7 g/100 g arginin, 0.74 g/100 g histidin, 1.2 g/100 g izolösin, 2.3 g/100 g lösin, 1.5 g/100 g lisin, 0.08 g/100 g metionin, 1.3 g/100 g fenilalanin, 0.02 g/100 g triptofan ve 1.1 g/100 g valin aminoasidi bulunmaktadır (Yorgancılar ve Bilgiçli, 2014). Lüpenin protein fraksiyonlarından albümin, globulin fraksiyonundan daha iyi bir aminoasit kompozisyonuna sahip olmakla birlikte, üç fraksiyon (albüminler, globulinler ve prolaminler) da glutamik asit, aspartik asit, arginin ve lösin açısından zengindir (Todorov ve ark., 1996). Arginin aminoasidi, vasküler tonusu iyileştirebilen ve bu şekilde kan basıncını azaltabilen nitrik oksit sentezinin öncüsüdür. Lüpenin yüksek arginin içeriğinin, hipertansiyonun kontrolünde olumlu etki gösterebileceği öne sürülmektedir (Lasztity ve

ark., 2001; Pilvi ve ark., 2006). Soya fasulyesinden daha yüksek oranda arginin, lisin, lösin ve fenilalanin aminoasitlerini ihtiva eden lüpen proteinleri (Prusinski, 2017), veganlar ve glutensiz diyet uygulayan çölyak hastaları için de oldukça uygundur (Arnoldi ve Greco, 2011). Diyette yüksek oranda lüpen proteinlerine yer verilmesinin; serum kolesterolü, trigliserit ve glikoz seviyesi ile kan basıncında önemli bir azalma sağlayabileceği bildirilmektedir (Arnoldi, 2005; Nowicka ve ark., 2006). Bununla birlikte, lüpen proteinin özellikle yerfıstığı allerjisi bulunan hastalarda, allerjik reaksiyonları tetikleyebileceği belirtilmektedir (Guillamon ve ark., 2010b).

Genel olarak, diğer baklagillere nispeten yüksek oranda yağ (%7.12-14.64) içeren lüpen, bu özelliği ile iyi bir enerji kaynağıdır (Martinez-Villaluenga ve ark., 2006; Boschin ve ark., 2008). Lüpen tanesi; %13.5 doymuş yağ asidi, %55.4 tekli doymamış yağ asidi, %31.1 çoklu doymamış yağ asidi, %54.3 oleik asit, %14.9 linoleik asit, %8.57 palmitik asit, %7.22 linolenik asit, %4.14 gadoleik asit, %1.59 erusik asit ve %1.57 stearik asit içermektedir. Lüpen yağında %15.0 omega-6 ve %7.22 omega-3 yağ asitleri bulunmakta ve lüpen yağına, soya yağının faydalı özelliklerine benzer etkiler sağlamaktadır (Erbaş ve ark., 2005; Andrzejewska ve ark., 2016; van de Noort, 2017). Diyette aşırı miktarda omega-6 yağ asidi tüketiminin sağlık açısından önemli bir risk faktörü olacağı, lüpen yağındaki omega-6:omega-3 oranının 2:1 olması ile olumlu etkiler sağladığı ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı ölüm oranının azaltılmasına yardımcı olabileceği bildirilmektedir (Prusinski, 2017).

Nişastasız baklagil tanesi olarak tanımlanan lüpenin (Borek ve ark., 2011) bileşimindeki çözünür karbonhidrat miktarı %2.58 ve 4.46 arasında değişmekte, diyet lifi (%9.11-50.40) açısından ise lüpen oldukça önemli bir kaynak olarak dikkat çekmektedir (Martinez-Villaluenga ve ark., 2006; Pisarikova ve Zraly, 2010; Monteiro ve ark., 2014; Olukomaiya ve ark., 2020). Lüpenin bileşiminde bulunan oligosakkaritlerden (%5.46-8.51); stakiyoz %1.1-7.2, sükroz %0.63-3.13, rafinoz %0.33-5.90 ve verbaskoz %0.19-0.94 oranlarında bulunmaktadır (Ruiz-Lopez ve ark., 2019). Diyet lifçe zengin olan lüpenin bileşimindeki nişasta dışı polisakkaritler; lüpen tüketiminin kolesterol, diyabet ve obezite üzerine olumlu sonuçlar sağlamasında etken olabilmektedir (Jayasena ve Quail, 2004). Diyette yüksek oranda bitkisel protein ve lif alımı, kalp-damar hastalıklarına neden olan risk faktörlerinin azaltılmasını sağlayabilmektedir (Burke ve ark., 2001; Gannon ve ark., 2003). Lüpenin nişasta içeriğinin (%0-3.04) oldukça düşük olması (Martinez-Villaluenga ve ark., 2006; Borek ve ark., 2011), glisemik indeksinin de düşük olduğunu

(Gullion ve Champ, 2002) ve insülin direncine bağlı hastalıkları önleyebileceğini göstermektedir (Prusinski, 2017).

Lüpenin bileşiminde; 3.6-3.9 mg/kg tiamin, 2.3-6.1 mg/kg riboflavin, 39.1 mg/kg niasin, 1.9 mg/kg α-tokoferol ve 64.8 mg/kg C vitamini bulunmaktadır (Erbaş ve ark., 2005; Martinez-Villaluenga ve ark., 2006). Lüpen yağındaki E vitamini içeriğinin soyaya benzer, ancak ayçiçek ve kanola yağına göre daha düşük olduğu belirtilmektedir (Lampart-Szczapa ve ark., 2003).

Makro ve mikro elementler açısından zengin bir kompozisyona sahip lüpen 100 g'ında; 40-390 mg kalsiyum (Ca), 60-210 mg magnezyum (Mg), 140-500 mg fosfor (P), 400-1180 mg potasyum (K), 1.19-6.30 mg demir (Fe), 53.33-82.80 mg mangan (Mn) ve 0.67-1.58 mg çinko (Zn) bulundurmaktadır (Wasilewko ve Buraczewska, 1999; Yorgancılar ve ark., 2018). Lüpen, özellikle kotiledonunda yoğunlaşmış yüksek Mn içeriği ile dikkat çekmektedir (Todorov ve ark., 1996). Diğer baklagil çeşitleri ile karşılaştırıldığında ise; daha düşük Ca ve P, benzer oranlarda Fe ve Zn içermektedir (Ruiz-Lopez ve ark., 2019).

Genel olarak; polifenoller, fitoöstrojenler, terpenoidler, karotenoidler, limonoidler, fitosteroller ve fitohemaglutininler olarak sınıflandırılan fitokimyasallar, bitkisel kaynaklı bileşiklerdir (Rochfort ve Panozzo, 2007). Diğer baklagillerle karşılaştırıldığında; fitokimyasallar, özellikle de polifenoller, fitosteroller ve skualen lüpende önemli miktarlarda bulunmaktadır (Kalogeropoulos ve ark., 2010). İnsan sağlığı için önemli olan fitokimyasalların büyük bir bölümünü, antioksidan aktiviteye sahip olan ve tip 2 diyabet ile kardiyovasküler hastalıklar dahil olmak üzere, oksidatif stresle ilişkili hastalıklara karşı koruma sağlayabilen fenolik bileşikler oluşturmaktadır (Perez-Matute ve ark., 2009). Toplam fenolik madde miktarı 271 mg GAE/100 g olan lüpende bulunan başlıca fenolik bileşikler; flavonlar, dihidroflavonlar, fenolik asitler ve izoflavonlardır. Antioksidan aktivitesi 3.51 ve 6.78 mM troloks/g arasında değişen lüpen tanesinin toplam flavonoid miktarı ise 1100 µg kateşin/g'dır (Martinez-Villaluenga ve ark., 2009; Siger ve ark., 2012; Ruiz-Lopez ve ark., 2019). Magalhaes ve ark. (2017); nohut, bezelye, bakla ve fiğ ile karşılaştırıldığında, lüpenin en yüksek toplam fenolik madde miktarına sahip olduğunu raporlamışlardır.

Diğer baklagillerle karşılaştırıldığında daha düşük oranlarda olmakla birlikte (Muzquiz ve ark., 1998; Enneking ve Wink, 2000); lüpen, tüketimini sınırlayan bazı antibesinsel bileşikler içermektedir. Bu bileşiklerden fitik asit; mineraller, proteinler ve nişasta ile kompleks oluşturarak biyoyararlılıklarını azaltmakta ve lüpende 250 ile 1438

mg/100 g arasında değişen miktarlarda bulunmaktadır (Ruiz-Lopez ve ark., 2000; Martinez-Villaluenga ve ark., 2006; Olukomaiya ve ark., 2020). Lüpenin tripsin inhibitörü aktivitesi ise (0.1-0.2 mg/g) oldukça düşüktür (Erbaş ve ark., 2005). Lüpen aynı zamanda; 1.44-1.93 mg/g saponin, 0.79-1.34 mg/g tanen ve 93.75-182.9 mg/g amilaz inhibitörü ihtiva etmektedir (Sharma ve Singh, 2017).

Lüpenin yapısında, doğrudan tüketilmesini engelleyen ve acı tada sebep olan kinolizidin alkaloitleri bulunmaktadır. Başlıca spartein ve lupaninden oluşan lüpen alkaloitleri; sindirim sistemini etkilemekte, halsizlik, bulantı, görme bozuklukları, solunum problemleri, karaciğer hasarı ve komaya neden olabilmektedir (Pothier ve ark., 1998).

Kinolizidin alkaloitlerinin insanlar ve hayvanlar tarafından günlük maksimum tüketim limiti 0.02 g/100 g'dır (Cowling ve ark., 1998). Yüksek orandaki alkaloit içeriğinden dolayı, acı lüpen güvenli bir gıda bileşeni olarak kabul edilmemektedir (Prusinski, 2015). Diğer taraftan, 1. Dünya Savaşı yıllarında, lüpen üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, alkaloit içeriği 0.02 g/100 g'dan düşük olan tatlı lüpen çeşitleri de geliştirilmiştir (Uauy ve ark., 1995; Liu, 2009).

Yapılan klinik çalışmalarda; lüpenin insan beslenmesi için değerli bir protein ve diyet lifi kaynağı olmasının yanı sıra; artan obezite, diyabet, yüksek tansiyon, kardiyovasküler hastalıklar ve bağırsak kanseri riski olan toplumlar için sağlığa yararlı fonksiyonel gıda bileşeni olarak potansiyele sahip olduğu açıkça görülmektedir (Smith ve ark., 2006; Belski ve ark., 2011; Dove ve ark., 2011; Keogh ve ark., 2011; Fechner ve ark., 2014; Johnson ve ark., 2017).

Soya fasulyesine benzer aminoasit profili ve yüksek orandaki diyet lifi içeriği ile diğer baklagillere ucuz bir alternatif olan lüpen (Khan ve ark., 2015), ekmek ve makarna gibi yaygın tüketilen ürünler başta olmak üzere (Jayasena ve Nasar-Abbas, 2012; Al Omari ve Abdul-Hussain, 2013; Bilgiçli ve ark., 2014); erişte (Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015), kek (Levent ve Bilgiçli, 2011), bisküvi (Bilgiçli ve Levent, 2014), bulgur (Yorgancılar ve Bilgiçli, 2014), ekstrüde atıştırmalıklar (Oliveira ve ark., 2015), tarhana (Ertaş ve ark., 2014), yoğurt (Mohamed ve ark., 2019) ve sosis (Leonard ve ark., 2019) gibi çeşitli gıdaların zenginleştirilmesi amacıyla kullanılabilmektedir.

2.2. Dirençli Nişasta (DN)

Tahıl ve baklagiller başta olmak üzere, yumru köklerde, olgunlaşmamış meyvelerde ve daha birçok bitkide başlıca depo polisakkarit olan nişasta, insan diyetindeki besin ve enerji ihtiyacının yaklaşık %50'sini karşılayan bir karbonhidrattır (Tacer-Caba ve Nilufer-Erdil, 2018; Raigond ve ark., 2019). Kimyasal olarak, glikoz moleküllerinin α-D-(1→4) glikozidik bağlarıyla bağlanması ile oluşan lineer amiloz (%15-30) ve α-D-(1→4) ile α-D-(1→6) glikozidik bağlarını içeren dallanmış amilopektinden (%70-85) oluşmaktadır (Hasjim ve ark., 2009).

Nişasta; enzimlerin etkisine, sindirim hızına ve derecesine bağlı olarak; hızlı sindirilebilir nişasta, yavaş sindirilebilir nişasta ve DN olmak üzere üç grupta sınıflandırılabilmektedir (Englyst ve ark., 1992). Nişastanın sindirilebilirliği; çok moleküllü yapı, amilozun amilopektine oranı, amilozun ince yapısı ve nişasta granülünün yüzey özellikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir (Oates, 1997).

Hızlı sindirilebilir nişasta, enzimatik sindirim ile ince bağırsakta 20 dakika içerisinde tamamen glikoza dönüştürülen nişasta çeşididir (Englyst ve ark., 1992). Patates ve beyaz ekmek gibi buhar altında pişirilen nişastalı gıdalarda yüksek oranda bulunmaktadır (Raigond ve ark., 2019). Bu kategorideki nişastalar, amorf formdadır.

Yavaş sindirilebilir nişasta, hızlı sindirilebilir nişasta gibi ince bağırsakta tamamen glikoza dönüştürülür, ancak hidrolizi daha yavaştır (20-120 dakika). Fiziksel olarak ulaşılamayan ham nişasta ve pişmiş gıdalarda retrograde ya da granül formda olan nişastalar bu grupta yer alır (Sajilata ve ark., 2006).

İnce bağırsakta, 120 dakika içerisinde glikoza hidrolize olamayan ve sindirilmeden kalın bağırsağa geçerek burada fermente olan nişasta DN olarak tanımlanmaktadır (Englyst ve ark., 1992).

DN; Tip1 (fiziksel olarak ulaşılamayan nişasta), Tip2 (poliformik nişasta granülleri ya da jelatinize olmamış nişasta), Tip3 (retrograde nişasta), Tip4 (kimyasal olarak modifiye edilmiş nişasta) ve Tip5 (amiloz-lipit kompleksleri) olmak üzere beş grup altında sınıflandırılmaktadır.

Tip1 DN; tam ya da kısmen öğütülmüş tahıl ve tohumların içerisine sıkışması ya da tahıl, tohum ve yumru köklerde zarar görmemiş hücre duvarlarının varlığı nedeniyle fiziksel olarak ulaşılamayan DN çeşididir. Amilolitik enzimler ve sindirim enzimlerinin erişememesi nedeniyle sindirilmeden ince bağırsağa geçer. Ancak, uygun öğütme işlemi

uygulandığında ince bağırsakta tamamen sindirilebilir. Isıya dayanıklı olmasından dolayı normal pişirme işleminde parçalanmaz (Leszczynski, 2004; Raigond ve ark., 2019).

Tip2 DN; pişmemiş patates nişastası, yeşil muz nişastası ve enzimatik hidrolize oldukça dirençli olan yüksek amilozlu mısır nişastası bu grupta yer alır. Kristalin ve kompakt yapısı, sindirim enzimleri ve amilazların ulaşmasına engel olmaktadır (Raigond ve ark., 2015). Ham formda ince bağırsakta sindirimi oldukça az olan Tip2 DN, taze pişmiş olduğunda, kristal yapının bozulması ve jelatinizasyon sayesinde tamamen sindirilebilmektedir (Sajilata ve ark., 2006).

Tip3 DN; fiziksel olarak modifiye edilmiş nişastadır. Jelatinize nişastanın soğutulması ile oluşan retrograde amiloz olarak tanımlanmaktadır. Kaynatma ve enzimatik hidrolize karşı dirençlidir. En yaygın örnekleri, pişirilmiş soğutulmuş patates ve mısır gevreğinde bulunan nişastalardır (Sajilata ve ark., 2006; Raigond ve ark., 2014). Granüler nişastaya göre yüksek su tutma kapasitesine sahip Tip3 DN, besinsel olarak da önemli bir DN çeşididir (Sanz ve ark., 2008b).

Tip4 DN; kimyasal olarak modifiye edilmiş nişasta çeşididir. Nişastaların çeşitli kimyasallarla eterlenmesi, esterleşmesi ya da çapraz bağlanması, sindirilebilirliklerini azaltmaktadır (Nugent, 2005). Kimyasal modifikasyon, nişasta granüllerinin yapısını ve kompozisyonunu değiştirmekte, amilolitik enzimlere karşı dirençlerini artırmakta ve sindirim enzimlerinin nişastaya ulaşmasını engellemektedir (M.J. Kim ve ark., 2008; Raigond ve ark., 2015).

Tip5 DN; amiloz-lipit kompleksleri nedeniyle oluşmuş DN çeşididir. Genellikle, gıda işleme sırasında bu kompleksler oluşabildiği gibi, kontrollü şartlar altında da üretilebilmektedir (Raigond ve ark., 2019). Ticari olarak enzimatik sindirime dirençli amiloz-lipit kompleksi oluşturmak için; yüksek amilozlu nişastaya ön ısıtma uygulanmakta, izoamilaz enzimi ile ayrıştırılmakta ve palmitik asit gibi yağ asitleri ile kompleks oluşturulmaktadır (Hasjim ve ark., 2010).

AACC (2001) tarafından diyet lifi; insan ince bağırsağında sindirime ve emilime dirençli olan ve kalın bağırsakta kısmen ya da tamamen fermente olabilen yenilebilir bitki kısımları ya da buna benzer karbonhidratlar olarak tanımlanmaktadır. Sindirim enzimlerine karşı oldukça dirençli olan DN, bir diyet lifi bileşeni olarak sınıflandırılabilmektedir. Suda çözünmeyen lif olarak tanımlanan DN, aynı zamanda çözünür liflerin fizyolojik etkilerine sahiptir (Sajilata ve ark., 2006). Çözünür lifler gibi, kript hücre (epitel hücre çoğalmasının meydana geldiği bölgeler) üretim oranını artırarak kalın bağırsak sağlığı üzerinde pozitif etki gösterebilmektedir (Haralampu, 2000).

İnsan sağlığı üzerine olumlu etkiler sağlayan probiyotikler; epitel bariyerini güçlendirir, bağırsak mukozasına yapışarak patojen mikroorganizmaların tutunmasını engeller, antimikrobiyal maddelerin üretimini sağlar ve bağışıklık sistemini düzenler (Bermudez-Brito ve ark., 2012). Probiyotiklerin canlılığını sürdürebilmesi için kullanılan prebiyotikler, ince bağırsakta absorbe edilemeyen ve sindirilemeyen gıda bileşenleridir (Scholz-Ahrens ve ark., 2007). Bir prebiyotik olan DN, kalın bağırsakta probiyotikler için bir substrat olarak rol oynar (Topping ve ark., 2003). Yapılan çalışmalarda, DN tüketiminin; kalın bağırsaktaki *Lactobacillus, Bifidobacterium, Lachnospiraceae, Ruminococcaceae, Clostridium* ve *Akkermansia* gibi mikroorganizmaların oranının artması ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Tachon ve ark., 2013; Keenan ve ark., 2015; Zeng ve ark., 2017).

Kısa zincirli yağ asitlerinden birisi olan bütirik asitin, hücrelerde kötü huylu oluşumları engelleyebileceği belirtilmektedir (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010). Kalın bağırsakta fermente olan DN, bütirik asit ve tuzlarının yüksek oranda üretimini sağlamaktadır (Sharma ve ark., 2008). Aynı zamanda, bütirik asit üreten bakterilerin uyarılması için de DN'nin özel bir role sahip olduğu belirtilmektedir (Champ ve ark., 2003). Bütirat, kolondaki epitel hücreler (kolonositler) için temel besin kaynağı olarak görev yapmakta ve eksikliği, kolon kanseri gibi kolon hastalıkları riskinin artmasına neden olabilmektedir (Raigond ve ark., 2019). Tharanathan ve Mahadevamma (2003), DN'nin fekal yığın miktarını artırdığını, fekal pH'yı düşürdüğünü ve buna bağlı olarak da kolon kanseri riskini azaltabileceğini bildirmişlerdir.

DN içeriği zengin gıdaların sindirim hızı yavaştır. DN'nin bu özelliği, tip 2 diyabet hastaları için oldukça önemlidir (Sui ve ark., 2011). Normal şekilde pişirilmiş nişastanın sindirimi neredeyse tüketiminden hemen sonra gerçekleşmesine rağmen, DN'nin metabolize edilmesi tüketiminden 5-7 saat sonra olmaktadır. Bu durum, postprandiyal glisemi ve hiperinsülineminin azalmasını ve tokluk süresinin artmasını sağlayabilmektedir (Raben ve ark., 1994; Reader ve ark., 1997). Geleneksel ürünlerle karşılaştırıldığında, DN ile zenginleştirilen gıda ürünlerinin tüketimi ile; postprandiyal glikoz yanıtının azaldığı (Hallstrom ve ark., 2011), daha iyi bir glisemik kontrol sağlandığı (Luhovyy ve ark., 2014) ve tip 2 diyabet riskinin azaldığı (Penn-Marshall ve ark., 2010) raporlanmıştır.

Rafine karbonhidratların DN ile kısmen ikame edilmesi, daha düşük enerji (2 kcal/g) vermesi sebebiyle, vücut ağırlığının azalmasını sağlayabilir (Lockyer ve Nugent, 2017). Dodevska ve ark. (2016), uzun süreli periyotta diyetteki DN miktarının

artırılmasının vücut ağırlığının azaltılmasında pozitif bir etki sağlayacağını belirtmişlerdir. Tapsell (2004) ise, DN açısından zengin diyetin, insülin salgılanmasını azaltması sebebiyle, yağ depolarının kullanımını ve mobilizasyonunu artırabileceğini raporlamıştır.

Lipit metabolizması üzerine etki eden DN; toplam lipit, toplam kolesterol, düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL), yüksek yoğunluklu lipoproteinler (HDL), çok düşük yoğunluklu lipoproteinler (VLDL), orta yoğunluktaki lipoproteinler (IDL), trigliseritler ve trigliseritçe zengin lipoproteinleri de etkilemektedir (Nugent, 2005). Sıçanlar üzerine yapılan çalışmalarda, DN diyetinin; fekal ağırlığı, kısa zincirli yağ asidi miktarını ve emilimini artırdığı, plazma kolesterol ve trigliserit seviyesini ise azalttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda, tüm lipoprotein fraksiyonlarındaki kolesterol konsantrasyonunun daha düşük olduğu belirlenmiştir (Sajilata ve ark., 2006; Raigond ve ark., 2015).

Sindirilebilir nişasta, daha fazla miktarda insülin salgılanmasına neden olarak safra taşı oluşumuna katkı sağlar ve kolesterol sentezinin uyarılmasına neden olur. Daha az insülin salgılanmasını sağlayan DN ise, böylece safra taşı oluşumunu azaltabilir (Sajilata ve ark., 2006).

DN'nin mineral absorbsiyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda; DN içeriği yüksek diyetlerin Ca, Mg, Zn, Fe ve Cu emiliminin artmasını sağladığı belirlenmiştir (Younes ve ark., 1995; Lopez ve ark., 2001). Morais ve ark. (1996), DN tüketiminin sindirilebilir nişastaya göre daha fazla Ca ve Fe emilimini sağladığını raporlamışlardır.

DN'nin potansiyel fizyolojik etkileri ve yüksek kaliteli ürünler sağlayan fonksiyonel özellikleri, yeni ürün formülasyonlarının geliştirilmesinde dikkat çekici olmuştur (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010). İşlenmiş gıdalarla karşılaştırıldığında, yaygın olarak kullanılan diyet liflerle zenginleştirilmiş ürünler genel olarak daha kaba, daha yoğun ve daha az lezzete sahiptir. DN kullanılarak zenginleştirilen ürünlerde ise tatta bir değişiklik görülmezken, ürün tekstüründe önemli bir farklılık tespit edilmemekte, duyusal özelliklerde iyileşmeler elde edilebilmekte ve istenilen fizikokimyasal özellikler (şişme, viskozite artışı, jelleşme, su bağlama kapasitesi vs.) sağlanabilmektedir (Fausto ve ark., 1997; Sajilata ve ark., 2006; Baixauli ve ark., 2008). DN, aynı zamanda yağ ikamesi olarak kullanılabilmekte, eriyebilirlik ve sertlik gibi özellikler üzerinde olumsuz bir etki göstermemektedir (Arimi ve ark., 2008).

Ekmek (Sarka ve ark., 2017), makarna (Hernandez-Nava ve ark., 2009), kek (Baixauli ve ark., 2008), bisküvi (Laguna ve ark., 2010), ekstrüde atıştırmalıklar (Miller

ve ark., 2011), içecekler (Ha ve ark., 2014), peynir (Duggan ve ark., 2008), yoğurt (Mwizerwa ve ark., 2017) ve sosis (Sarteshnizi ve ark., 2015) gibi gıda ürünlerinin tekstürel özelliklerinin, besinsel ve fonksiyonel kalitesinin geliştirilmesi amacıyla DN kullanılabilmektedir.

2.3. Ultrason Teknolojisi

Ultrason, insan kulağı (16 Hz-18 kHz) tarafından algılanamayacak kadar yüksek frekanslı ses dalgaları tarafından üretilen bir enerji şeklidir (Jayasooriya ve ark., 2004). 20 Hz'den düşük frekanslara sahip ses dalgaları infrasonik, 20 kHz'den yüksek frekanslara sahip dalgalar ise ultrasonik olarak sınıflandırılmaktadır (Martini, 2013).

Ultrasonun mühendislik uygulamaları, düşük yoğunluklu (yüksek frekanslı ya da tahribatsız ultrason) ve yüksek yoğunluklu (düşük frekanslı ya da güçlü ultrason) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Mason, 2003). Düşük yoğunluklu ultrason, güç yoğunluğu 1 W/cm^2'nin altında olan ve 1-10 MHz yüksek frekanslı düşük enerjidir. Yüksek yoğunluklu ultrason ise, güç yoğunluğu 10 W/cm^2'nin üzerinde ve 10-100 kHz düşük frekanslı yüksek enerjidir. Düşük yoğunluklu ultrason, aynı zamanda yüksek frekanslı ultrason olarak; yüksek yoğunluklu ultrason da, düşük frekanslı ultrason olarak adlandırılmaktadır (McClements, 1995; Povey ve Mason, 1998).

Ultrasonik enerji son yıllarda; gıda, çevre, ilaç ve kimyasal üretim sektörlerinde ilgi çekmeye başlamıştır (Yao ve ark., 2020). Yeşil teknoloji olarak bilinen ultrason, gıda teknolojisi için çevreye etkisi düşük olan umut verici bir tekniktir (Higuera-Barraza ve ark., 2016). Ultrasonun endüstriyel uygulanabilirliğinin geliştirilmesi, gıda endüstrisinde kullanımını da yaygınlaştırmıştır (Martini, 2013).

Gıda endüstrisinde, biri ses yayıcı prob diğeri de banyo olmak üzere iki çeşit ultrason sistemi kullanılmaktadır. Ultrasonik banyolar, kolay ulaşılabilirlikleri sayesinde gıda işlemede kullanılabilmektedir (Povey ve Mason, 1998). Ultrasonik problar ise, gıda işlemeden gıda işleme yüzeylerinin temizliğine kadar yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Bermudez-Aguirre ve ark., 2011).

Gıda endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan düşük yoğunluklu ultrason, gıdaların fizikokimyasal özellikleri hakkında bilgi sağlayan analitik bir tekniktir (Dolatowski ve ark., 2007). Benedito ve ark. (2002), düşük yoğunluklu ultrasonun peynir üretim prosesinin farklı safhalarının izlenmesinde başarıyla kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Kim ve ark. (2009) çeşitli sebze ve meyvelerin, Nielsen ve ark. (1998)

havuçların, Mizrach (2007) ise avokado, mango ve kavunların olgunluk, tekstür, sıkılık gibi kalite parametrelerinin değerlendirilmesinde düşük yoğunluklu ultrason kullanmışlardır. Aynı zamanda; peynir (Benedito ve ark., 2001), tavuk (Correia ve ark., 2008), şişelenmiş içecekler (Zhao ve ark., 2003), yoğurt, meyve suyu ve ketçapta (Knorr ve ark., 2004) yabancı maddelerin tespitinde ve tanımlanmasında düşük yoğunluklu ultrason esaslı teknikler kullanılmıştır (Chandrapala ve ark., 2012).

Emülsifikasyon işlemlerinde yaygın bir şekilde kullanılan yüksek yoğunluklu ultrason (Ashokkumar, 2015), aynı zamanda yoğurt ve peynir gibi ürünlerde jelatinizasyon işleminde (Chandrapala ve ark., 2013), köpük stabilizasyonunda (Lim ve Barigou, 2005), enzimlerin aktivasyonunda ve inaktivasyonunda (Wu ve ark., 2008; Jadhaw ve Gogate, 2014), patojen mikroorganizmaların inaktivasyonunda (Gao ve ark., 2014), çimlendirmenin hızlandırılmasında (Ding ve ark., 2018), filtrasyon ve kurutma proseslerinde (Bermudez-Aguirre ve ark., 2011), polimerlerin sentezi ve parçalanmasında (Price ve ark., 1992; Chakraborty ve ark., 2004), gıdaların gazının giderilmesinde, kristalizasyon işlemlerinin modifikasyonu ve kontrolünde kullanım alanı bulmuştur (Roberts, 1993; McClements, 1995; Knorr ve ark., 2004; Zheng ve Sun, 2006).

Ultrason, şekerli içecekler ve fermente ürünler gibi gıda ürünlerinde köpük giderme amacıyla da kullanılabilmektedir. Ultrason enerjisi, köpük içinde bulunan sıvı filmi koparark hava kabarcıklarının etkili bir şekilde parçalanmasını sağlar. Aynı zamanda, kimyasal kontaminasyonunu önleyerek steril bir şekilde köpük giderme işlemine izin verir (Patist ve Bates, 2008; Chemat ve ark., 2011).

Ultrason işlemi sırasında, bir ses dalgası sıvı bir ortamla karşılaştığında uzunlamasına dalgalar oluşturur, böylece dalgalı sıkıştırma ve genişleme bölgeleri ortaya çıkar. Bu basınç değişikliği bölgeleri, kavitasyonun oluşmasına neden olur ve ortam içinde gaz kabarcıkları meydana gelir (Dolatowski ve ark., 2007). Ultrasonik deaktivasyondan sorumlu olan temel mekanizma, akustik kavitasyonla üretilen fiziksel kuvvetlerdir. Bir kavitasyon balonunun asimetrik parçalanması, parçalanan balonun merkezinden akan bir sıvı jetine yol açar. Bu mikrojetin hızı saniyede birkaç yüz metredir. Bu yüksek hızlı jet nedeniyle, katı yüzeylerde oyuk oluşmaktadır. Kavitasyon baloncukları mikroorganizmaların hücre duvarında ciddi hasara yol açan oyuklara neden olabilmektedir (Chandrapala ve ark., 2012). Lokalize ısıtma, DNA hasarına neden olan serbest radikallerin oluşumu ve hücre zarlarının incelmesine neden olan mikro akış, mikroorganizma inaktivasyonunda oldukça etkilidir (Bermudez-Aguirre ve ark., 2011). Ultrasonun enzimlerin inaktivasyonu üzerine etkisi de kavitasyona atfedilmektedir.

Kavitasyon etkisi, baloncukların parçalanmasına (mekanik, termal, kimyasal) neden olarak dönüşümsüz tahribata ve enzimlerin inaktivasyonuna sebep olabilir (Mawson ve ark., 2011). Buna ek olarak, mikro akışın oluşturduğu aşırı çalkalanma, polipeptidlerdeki Van der Waals interaksiyonlarının ve hidrojen bağlarının bozulmasına ve proteinlerin denatürasyonuna neden olabilmektedir (Tian ve ark., 2004).

Kavitasyonun bir başka etkisi de buz kristallerinin oluşumu üzerinedir. Kavitasyon baloncuklarının buz kristali oluşumu için çekirdek görevi görebildiği, ultrason uygulaması esnasında ortaya çıkan mikro akış ve kesme etkilerinin, ısı ve kütle transferini iyileştirerek donma oranını artırdığı belirtilmektedir (Li ve Sun, 2002; Zheng ve Sun, 2005).

Pastörizasyon, homojenizasyon gibi proseslerde olumlu etkiler sağlayan kavitasyon, gıda kalitesinde bazı değişikliklere de sebep olabilmektedir. Özellikle meyve suyu işlemede pigmentlerin parçalanmasına neden olarak renk değişiklikleri meydana getirebilmekte (Gomez-Lopez ve ark., 2010; Abid ve ark., 2013; Rojas ve ark., 2016), bulanıklığın artmasına neden olabilmektedir (Ertugay ve Başlar, 2014).

Ultrasonun yaygın kullanım alanlarından birisi de ekstraksiyon prosesidir. Ultrason; doğal antioksidanlar, yağlar, renk bileşikleri, aroma bileşenleri, polifenoller, zeytinyağı, hurma yağı, kahve ve çay, nişasta, likopenler, karotenoidler ve alkaloitler gibi çok çeşitli doğal bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılmıştır (Hossain ve ark., 2014; Paniwnyk, 2014; Teng ve Choi, 2014).

Ekstraksiyonda ultrason kullanımı, proses üzerindeki mekanik etkileri ile çözücünün örneğe nüfuzunu ve arayüzlerden kütle transferini artırmaktadır. Ultrasonun bu olumlu sonuçlarının, akustik kavitasyonun etkisiyle hücre duvarlarının parçalanması ve bu sayede, hücresel bileşenlerin difüzyonunun artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Toma ve ark., 2001; Mason ve ark., 2005). Ultrasonik kavitasyon, aynı zamanda çeşitli serbest radikallerin üretilmesine neden olabilir. Bu radikaller, kimyasal reaksiyonlara katılarak reaksiyon hızının artmasını sağlamaktadır (Kondo ve Kano, 1988; Yao ve ark., 2020).

Biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda ultrason kullanan Gaete-Garreton ve ark. (2011), ultrason ile ekstraksiyon oranının arttığını ve süresinin kısaldığını bildirmişlerdir. Konvansiyonel ekstraksiyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, akustik kavitasyonla çözücü ve örnekte moleküler harekete sebep olan ultrasonik ekstraksiyon, çözücü tüketimini de azaltmaktadır (Jerman ve ark., 2010). Achat ve ark. (2012), ultrason destekli ekstraksiyon ile zeytinyağının fenolik bileşen içeriğinde artış elde ettiklerini

raporlamışlardır. Sofralık zeytinde acılık giderme işlemi için ultrason destekli ekstraksiyon yöntemini kullanan Habibi ve ark. (2016), proses süresinde konvansiyonel yönteme göre %37.8 oranında azalma sağladıklarını bildirmişlerdir. *Rauwolfia serpentina* bitkisinden alkaloit ekstraksiyonunda, ultrasonun maserasyon süresini azalttığı tespit edilmiştir (Bermudez-Aguirre ve ark., 2011).

Ultrason destekli ekstraksiyon üzerine etkili en önemli iki faktör, ultrasonun frekansı ve yoğunluğudur (Yao ve ark., 2020). Zhang ve ark. (2017), ultrason destekli ekstraksiyon ile yerfıstığı yağı eldesinde 20, 28, 40 ve 60 kHz'lik frekanslar uygulamış, en etkili sonuçların 40 kHz ile elde edildiğini belirlemişlerdir. Ultrason (40 kHz) destekli ekstraksiyon ile *Achyrocline satureioides* bitkisinden fenolik bileşikleri ekstrakte eden Goltz ve ark. (2018), konvansiyonel ekstraksiyon yöntemine göre toplam fenolik madde miktarında 6.1 kat ve antioksidan aktivitede 3.4 kat artış elde etmişlerdir.

Alkaloit ekstraksiyonunda ultrason kullanan Fakhari ve ark. (2010), ultrason destekli ekstraksiyon (40°C, 60 kHz) ile alkaloitleri geleneksel metottan 16 kat daha hızlı bir şekilde ve daha düşük sıcaklıkta ekstrakte ettiklerini bildirmişlerdir. Salisova ve ark. (1997), *Salvia officinalis* bitkisinden farmakolojik aktif bileşiklerin ekstraksiyonunda geleneksel yönteme göre, ultrason destekli ekstraksiyon ile 2 saat daha kısa sürede %60 daha fazla verimle ekstrakt elde etmişlerdir. Ma ve ark. (2012), *Camptotheca acuminata* bitkisinden alkaloit ekstraksiyonunda, ultrason destekli ekstraksiyon ile işlem süresinin 6 saatten 1.75 saate düştüğünü raporlamışlardır. Hossain ve ark. (2014), patates kabuğundan alkaloit ekstraksiyonunda ultrason kullanımının; düşük maliyetli, çevre dostu ve endüstriyel düzeyde uygulanabilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

2.4. Stabilizasyon ve Depolama Stabilitesi

Yüksek yağ içeriği, gıdaların lipit oksidasyonuna karşı hassasiyetini artırmakta ve bir bileşen olarak kullanımlarını sınırlandırmaktadır. Bu gıdalar oda sıcaklığında muhafaza edildiklerinde; bozulmalarını hızlandıran enzimler, mikroorganizmalar ve böceklerin etkisiyle kötü aroma ve koku oluşmakta, raf ömürleri kısalmakta ve insan tüketimi açısından da uygun olmayan bir hal almaktadır (Nordin ve ark., 2014). Yağ içeriği yüksek gıdalarda, uzun raf ömrüne sahip stabil bir ürün elde etmek için oksidatif enzimlerin (lipaz ve lipoksigenaz) inaktivasyonu ve/veya yağ fraksiyonunun uzaklaştırılması gerekmektedir (Sjövall ve ark., 2000). Bu, hem üreticilerin hem de

tüketicilerin kolay, düşük maliyetli, etkili ve güvenli süreç talepleri göz önüne alınarak, çeşitli proseslerin uygulanması ile mümkün olabilmektedir (Boukid ve ark., 2018).

Yağ içeriği ve enzim aktivitesi yüksek gıdaların raf ömrünün artırılması ve ürünün stabil hale getirilmesi amacıyla; kuru kavurma (Zou ve ark., 2015), fırınlama (Thanonkaew ve ark., 2012), otoklavlama (Pradeep ve ark., 2014), buharlama (Biglia ve ark., 2017), mikrodalga (Xu ve ark., 2013), ekstrüzyon pişirme (Kaur ve ark., 2015), kızılötesi (Gili ve ark., 2017), ultraviyole radyasyon (C.W. Yu ve ark., 2020), gama radyasyon (Jha ve ark., 2013), soğutma (Amarasinghe ve ark., 2009), atmosferik soğuk plazma (Tolouie ve ark., 2018), fermentasyon (Marti ve ark., 2014) ve yağın uzaklaştırılması (Eng ve ark., 2012) gibi çeşitli stabilizasyon yöntemleri uygulanabilmekte ya da torba (Henriquez ve ark., 2013), vakum (Priyankara ve ark., 2009), modifiye atmosfer (Zamuz ve ark., 2018) gibi farklı paketleme çeşitleri kullanılabilmektedir.

Lipit oksidasyonuna neden olan enzimlerin inaktivasyonuna yardımcı olan ve ürünün nem içeriğini azaltan kuru kavurma, yaygın olarak kullanılan stabilizasyon metotlarından birisidir (Fawzy Ramadan ve ark., 2008). Kuru kavurma ile stabilizasyon, ürüne özel bir aroma kazandırmakta ve Maillard reaksiyonuna atfedilen altın renk oluşumunu sağlamaktadır (Ciarmiello ve ark., 2013). Bununla birlikte, kavurma işlemi sırasında Maillard reaksiyonu sonucu oluşan uçucu bileşiklerin lipit oksidasyonu üzerinde antioksidan etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Severini ve ark., 2000).

Shin ve ark. (2013), kavurma işleminin (140°C, 30 dk) soya unundaki lipoksigenaz aktivitesini 279 U/g'dan 69 U/g'a düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, örneklerin nem içeriği azalmış, izoflavon miktarı ve ferrik iyonu indirgeme antioksidan gücü artmıştır.

Zou ve ark. (2015), kavurma işleminin buğday ruşeyminin toplam fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktivitesini artırdığını raporlamışlardır. Bu durumun, kavurma işlemi ile hücrelerin kısmen tahrip olması ve böylece, bazı bağlı fenolik bileşenlerin ekstrakte edilebilirliğinin artması ile ilişkilendirilebileceğini bildirmişlerdir.

Pirinç kepeği örneklerini 105°C'de 12 dk boyunca kuru kavurma işlemine tabi tutan ve 100 gün boyunca depolayan Saidi ve ark. (2019), stabilizasyon ile örneklerin nem içeriğinin azaldığını ve depolama süresince yağ hidrolizinin daha düşük seviyede gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Kavurma işleminin (210°C, 8 dk) badem üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kavurma ile örneklerin daha stabil ve daha kırılgan hale geldiği, peroksit sayısı

ve okside trigliserit oranının da azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma, peroksitler ve Maillard reaksiyonu ürünlerinden oluşan karbonil bileşikleri ya da peroksit radikalleri arasındaki reaksiyonlara atfedilmiştir (Severini ve ark., 2000). Ekmek ağacı meyvesi tohumlarından elde edilen unu, kavurma işlemine tabi tutan Giami ve ark. (2000); ham örneklerle karşılaştırıldığında, ısıl işlem görmüş örneklerin daha düşük ve daha kabul edilebilir peroksit sayısı ve serbest yağ asidi içeriğine sahip olduğunu raporlamışlardır.

Mikrodalgalar, frekansı 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalardır (Chandrasekaran ve ark., 2013). Mikrodalga alanı, elektrik alan yönünün yönlendirmesiyle değişen, rastgele termal hareketten kaynaklanan polar moleküllerin bulunduğu alternatif bir manyetik alandır (Menendez ve ark., 2010).

Gıda maddesinin mikrodalga enerjisini ısı enerjisine dönüştürme yeteneği, dielektrik özelliklerine bağlanmaktadır (Curet ve ark., 2014). Yüksek frekanslı elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ile gıdanın içindeki su, yoğun bir şekilde buharlaşarak gıdanın yüzeyine doğru taşınır (Li ve ark., 2011). Elektromanyetik dalgalar tarafından uyarılan numunelerdeki dipolar su molekülleri, sürtünme ile birlikte kinetik enerjiyi artırır ve numuneler arasında eşit bir ısı dağılımı meydana gelir. Böylece, mikrodalga uygulaması; gıdaların ısıtılması, kurutulması, pişirilmesi, pastörizasyonu ve muhafazası gibi çeşitli gıda işleme alanlarında yaygın bir kullanım alanı bulabilmektedir (Malekian ve ark., 2000; Chandrasekaran ve ark., 2013).

Mikrodalga ısıtma; daha fazla enerji tasarrufu sağlamakta, kısa işlem süresi ile maliyeti azaltmakta ve besin kaybını en aza indirgemektedir. Bütün bu avantajlarının yanında, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında; sıcaklık dağılımının homojen olmaması, kurutma işlemi esnasında nem dağılımının eşit olmaması, gıdalarda daha fazla gözenekli yapı oluşması ve kurutulmuş ürünlerde istenen kalitenin elde edilememesi gibi dezavantajlar, mikrodalga ısıtmanın kullanımını sınırlandırmaktadır (Zhang ve ark., 2006; Duan ve ark., 2010; Wang ve ark., 2012). Aynı zamanda, mikrodalga enerjisinin yüksek nüfuz gücü, ısı transferini etkilemekte ve ürünün aşırı ısınarak kavrulmasına neden olabilmektedir (Chizoba Ekezie ve ark., 2017). Bununla birlikte, mikrodalganın bu problemlerinin giderilebilmesi için optimizasyon araçları ve malzemeleri sabit tutan ekipmanlar geliştirilmiş durumdadır (Chandrasekaran ve ark., 2013).

Jiang ve ark. (2016), 950 Watt'ta 1.5 dk'lık mikrodalga uygulaması ile, bakla örneklerindeki lipoksigenaz ve peroksidaz enzimlerinin inaktive edilebildiğini raporlamışlardır. Aynı zamanda, bakladaki fasulyemsi tat probleminin de giderildiğini ve teknolojik özelliklerinin iyileştirildiğini belirlemişlerdir. Darı ununun depolama

stabilitesi üzerine mikrodalga uygulamasının etkilerini araştıran Yadav ve ark. (2012), mikrodalga uygulamasının (900 Watt, 80 sn) lipaz aktivitesini %92.9 oranında azalttığını tespit etmişlerdir. 30 günlük depolama süresince, mikrodalga ile işlem görmüş örneklerin serbest yağ asidi içeriğinin, kontrol örneklerine göre daha az arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Fındığın stabilizasyonunda mikrodalga (6 kW) uygulayan Ciarmiello ve ark. (2013), örneklere 360-450 sn süresince mikrodalga uygulanması ile lipoksigenazların neredeyse tamamının inaktive edilebildiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda, işlem görmüş örneklerde kontrole göre daha iyi renk ve tat elde etmişlerdir. Yasa ve ark. (2018), pirinç kepeği stabilizasyonunda 550 W gücünde mikrodalga kullanmış, elde edilen serbest yağ asidi içeriğinin işlem görmemiş örneklerden daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Nordin ve ark. (2014), bira pirinci stabilizasyonunda mikrodalga kullanımının, kontrole göre daha düşük serbest yağ asidi değerleri eldesi sağladığını ve nem içeriğini azalttığını bildirmişlerdir. Örneklerin protein, yağ, kül ve fenolik madde içeriği üzerine stabilizasyonun önemli ($p<0.05$) bir etkisinin bulunmadığını tespit etmişlerdir. Bergonio ve ark. (2016) ise, esmer pirinç stabilizasyonunda mikrodalga kullanımı ile; lipaz aktivitesi ve serbest yağ asidi içeriğinin azaldığını, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivitede artışın olduğunu belirlemişlerdir. Örneklerin raf ömrünün, mikrodalga stabilizasyonu ile 8 aya kadar uzatılabileceğini bildirmişlerdir. Mikrodalga ile stabilizasyonun pirinç kepeğinin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerine etkilerini araştıran Garcia ve ark. (2012), ısıl işlem süresindeki artışın lezzet yoğunluğu ve aromanın artmasını sağladığını; protein, yağ ve çözünmeyen lif içeriği artarken, indirgen şeker ve fitik asit miktarının azaldığını bulmuşlardır.

Stabilize edilmiş yüksek oranda yağ içeren ürünlerin raf ömrünün, büyük ölçüde ambalaja bağlı olduğu belirtilmektedir (Severini ve ark., 1995). Genel olarak, ambalajlar oksijen geçişine ve gıdadaki nem kaybı/artışına karşı bir bariyer görevi görmektedir (Sharma ve ark.,1990; Khan ve ark., 2008). Bununla birlikte, lipitlerin oksidasyonunu önlemek ve depolama sırasında maksimum ürün kalitesini sağlamak için uygun bir ambalaj malzemesinin seçilmesi de oldukça önemlidir (Seacheol ve Zhang, 2005).

Gıdaların depolama stabilitesi, bir gıda ürününün mikrobiyolojik kalitesinin yanı sıra fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişikliklerin periyodik olarak izlenmesiyle değerlendirilir. Bu değerlendirme; tiyobarbitürik asit, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı esas alınarak, ransiditeden kaynaklanan kimyasal değişiklikler ya da mikotoksinler gibi ikincil metabolitlerin oluşumuyla sonuçlanan mikrobiyolojik profildeki

değişikliklerin araştırılması ile gerçekleştirilir. Fiziksel değişiklikler ise, gıdanın su aktivitesi ve rengindeki değişim açısından değerlendirilir (Temba ve ark., 2017).

Tahıl barının raf ömrü üzerine farklı paketleme materyallerinin (polipropilen, kağıt-alüminyum folyo-polietilen ve metalize polyester) etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, polipropilen filmle ambalajlanmış barların raf ömrü 6 ay ile sınırlı kalırken; kağıt-folyo-polietilen, metalize polyester ve vakumlanmış metalize polyester ambalajlar ile paketlenmiş örneklerin 12 ay boyunca stabil ve kabul edilebilir kaldığı sonucuna ulaşılmıştır (Padmashree ve ark., 2013).

Butt ve ark. (2004), buğday ununu polipropilen ve kraft ambalajlarda ayrı ayrı paketleyerek 60 gün süresince depolamıştır. Depolama süresince, her iki ambalajla paketlenmiş örneklerde de protein, yağ ve nem içeriği azalmıştır. Polipropilen ambalajla paketlenmiş örneklerdeki değişimler, kraft ambalajla paketlenmiş örneklerden daha fazla olmuştur. Daha uzun raf ömrü ve depolama stabilitesi sağlayan kraft ambalaj, böceklenme ve küflenmeye karşı da daha uygun bulunmuştur.

Bademin oksidatif stabilitesi üzerine depolama atmosferi ve sıcaklığın etkisini araştıran Raisi ve ark. (2015), 4°C'de vakum altında depolanmış badem örneklerinin oksidasyona karşı en stabil örnekler olduğunu ve raf ömrünün 10 aya kadar uzatılabildiğini bildirmişlerdir.

Sjövall ve ark. (2000), buğday ruşeymi örneklerini mikrodalga ile stabilize ettikten sonra kağıt torba içerisinde 7 hafta boyunca depolamıştır. Depolama süresi sonunda, mikrodalga uygulanmış örneklerin koku ve aroma parametrelerinde istatistiki bir fark görülmediğini belirtmişlerdir ($p>0.05$).

Yan ve Chung (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, 45 günlük depolama süresi sonunda vakumlanarak paketlenmiş pirinç örneklerinin peroksit sayısının 1.89 $meqO_2/kg$'a, vakumlanmamış örneklerin peroksit sayısı değerinin ise 10.22 $meqO_2/kg$'a yükseldiği görülmüştür. Ayrıca, vakumlanmamış örneklerin asitlik değerinin vakumlanmış örneklerden daha hızlı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Altı aylık depolama süresince vakum paketlemenin keten tohumu küspesi üzerine etkilerini araştıran Ogunronbi ve ark. (2011), oda sıcaklığında vakumlanarak paketlenmiş örneklerin en düşük, vakumlanmadan 4°C'de depolanmış örneklerin ise en yüksek peroksit sayısı değerlerine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Aynı zamanda, serbest yağ asidi ve tiyobarbitürik asit içeriğindeki en az değişimin de vakumlandıktan sonra 4°C'de depolanmış örneklerde meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Fernandez-Lopez ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, portakal yan ürünlerinden elde edilen diyet lifçe zengin toz ürünün 11 ay süresince depolama stabilitesi araştırılmıştır. Paket tipi, depolama koşulları ve depolama süresinin örneklerin kırmızılık ve sarılık değerlerinde farklılıklara neden olduğu görülmüştür. Polifenol içeriği, su ve yağ tutma kapasitesi parametrelerinin sadece depolama süresinden etkilendiği ($p<0.05$) belirlenmiştir. En iyi paketleme çeşidi ve depolama koşulunun, karanlık şartlar altında vakum paketleme ile sağlandığı tespit edilmiştir.

Vakum ambalajlamanın tatlı patates ununun depolama stabilitesi üzerine etkilerini araştıran Alves ve ark. (2012), tatlı patates unundaki karotenoidlerin %50'sinin; düşük yoğunluklu polietilen-poliamid-düşük yoğunluklu polietilen ambalaj ile vakumlandığında 90 gün, metalize polietilen-düşük yoğunluklu polietilen ambalaj ile vakumlandığında 360 gün boyunca muhafaza edildiğini belirlemişlerdir.

Guraya ve Patindol (2011), esmer pirinç ununun depolama stabilitesi üzerine farklı paketleme çeşitlerinin (kilitli torba ve vakum paket) etkilerini araştırmışlardır. 300 günlük depolama sürecinde, serbest yağ asitliği açısından paketleme yöntemini önemsiz ($p>0.05$) bulmuşlar, vakum paketleme yapılmış örneklerin daha yüksek peroksit sayısına sahip olduğunu belirlemişlerdir.

2.5. Lüpen ve Dirençli Nişasta (DN) Katkılı Makarna Üzerine Yapılan Çalışmalar

Makarna; her yaştan tüketicinin severek tükettiği, ucuz, besleyici ve hazırlaması kolay bir tahıl ürünüdür. İrmik kullanılarak üretilen makarnanın diyet lif ve protein içeriği düşüktür. Sağlıklı beslenme ile ilgili farkındalığın artması, tüketicilerin sağlık üzerine olumlu etkileri olan gıdalara daha fazla talep göstermesini sağlamıştır. Bu durum, makarnanın besinsel ve fonksiyonel açıdan zenginleştirilmesine yönelik Ar-Ge çalışmalarını da hızlandırmıştır. Literatürde makarnanın lüpen unu veya DN ile zenginleştirilmesini konu alan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Protein ve diyet lifçe zenginleştirilmiş makarna üretiminde lüpen unu (%0-50) kullanan Jayasena ve Nasar-Abbas (2012), %20 oranında lüpen unu kullanımı ile ürün kalitesi önemli ($p>0.05$) ölçüde etkilenmeden, besinsel değeri artırılmış makarna üretilebileceğini bildirmişlerdir. Lüpen unu miktarının artması ile renk parametrelerinin değiştiğini, %20'nin üzerinde lüpen unu ilavesinin sıkılık değerini azalttığını tespit etmişlerdir.

Torres ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, makarnanın besleyici değerinin artırılması amacıyla %5, 8 ve 10 oranlarında α-galaktozit içermeyen lüpen unu kullanılmıştır. Lüpen unu içeren makarnaların, kontrol irmik makarnasından daha fazla miktarda protein, diyet lifi, Ca, P, Mg, Zn ve antioksidan kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. %8 ve 10 oranında lüpen unu içeren makarnaların, kontrol örnekler ile aynı kabul edilebilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Doxastakis ve ark. (2007), spagetti üretiminde %5, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen protein izolatı kullanmışlardır. Lüpen protein izolatı ikamesi ile örneklerin protein ve kül içeriğinin arttığını, nişasta ve yağ içeriğinin ise azaldığını bildirmişlerdir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, lüpen protein izolatı miktarındaki artış ile spagetti örneklerinin ağırlık artışı değerlerinin düştüğünü, pişme kaybı değerlerinin yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Lüpen unu katkısının (%5, 15, 25 ve 30) spagetti kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, lüpen unu ilavesi ile örneklerin daha yüksek *in vitro* protein sindirilebilirliği değerlerine sahip olduğu ve lisin içeriğinin arttığı ifade edilmiştir (Rayas-Duarte ve ark., 1996). Buğday irmiğinin %8 ve 10 oranlarında lüpen unu ekstraktı ile ikame edilmesiyle makarna üretilen bir çalışmada da, lüpen unu ekstraktının eklenmesiyle örneklerin esansiyel aminoasit seviyesi, kimyasal skoru ve protein kalitesinde iyileşme olduğu raporlanmıştır (Martinez-Villaluenga ve ark., 2010).

Erişte üretiminde %10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında lüpen unu kullanılan bir çalışmada, %20 oranında lüpen unu katkısının örneklerin duyusal özelliklerini etkilemeden besinsel değerini geliştirdiği, protein içeriğinde %42 ve diyet lif içeriğinde ise %200 oranında artış sağladığı bildirilmiştir. Aynı zamanda, lüpen unu oranı arttıkça örneklerin daha sarımsı olduğu görülmüştür (Jayasena ve ark., 2008).

Bilgiçli ve İbanoğlu (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, erişte üretiminde ayrı ayrı lüpen unu (%10, 20 ve 30) ve lüpen kepeği (%10, 15 ve 20) kullanılmıştır. Örneklere eklenen lüpen unu/kepeği miktarı arttıkça ağırlık artışı değerlerinin arttığı, pişme kaybının azaldığı belirlenmiştir. Lüpen unu/kepeği ilavesi, örneklerin mineral madde (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn ve Zn) içeriğinin de zenginleşmesini sağlamıştır.

Eriştenin zenginleştirilmesi amacıyla protein kaynağı olarak tam lüpen unu ve yağsız lüpen unu (%0-25) kullanılan bir çalışmada, %10 oranında tam/yağsız lüpen unu içeren örneklerin hacim artışının kontrole benzer ve %20 oranında lüpen unu içeren örneklerin daha yüksek pişme verimine sahip olduğu görülmüştür. Lüpen unu katkısı, erişte örneklerinin; protein etkinlik oranı, esansiyel aminoasitlerin toplam aminoasitlere

oranı, esansiyel aminoasit indeksi, biyolojik değer, sınırlayıcı aminoasit ve kimyasal skor değerlerini iyileştirmiştir (Mahmoud ve ark., 2012).

Fonksiyonel bir bileşen olarak gıda formülasyonlarında kullanılabilen DN, geleneksel lif kaynaklarına göre, eklendiği üründe daha az teknolojik kayıp oluşturmakta ve ürünün duyusal özelliklerini geliştirmektedir. Vernaza ve ark. (2012), makarna üretiminde DN ilavesinin pişme suyuna geçen madde miktarını artırdığını, bununla birlikte "lif kaynağı" bir ürün elde edildiğini bildirmişlerdir. %10 ve 20 oranlarında DN ikamesi ile makarna üretilen bir başka çalışmada, DN ilavesinin pişme kalitesi özelliklerini etkilemediği ve makarnanın duyusal özelliklerini değiştirmediği belirlenmiştir (Gelencser ve ark., 2008).

Aravind ve ark. (2013), makarna yapımında %10, 20 ve 50 oranlarında DN kullanmışlar, makarna örneklerinin DN içeriğinin %1.86'dan %21.11'e yükseldiğini belirlemişlerdir. Pişme sonrasında DN içeriğinde önemli bir azalma görülmediğini, %10 ve 20 oranlarında DN ikamesinin pişme kaybı, tekstür ve duyusal özellikler üzerinde dikkate değer bir etki göstermediğini, sadece makarna sarılık değerinde çok az bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir.

Sözer (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, %5 ve 15 oranlarında DN ilave edilerek spagetti üretilmiştir. Formülasyondaki DN miktarının artması ile, örneklerin sıkılık ve yapışkanlık değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. En yüksek pişme kaybı değeri, %15 DN içeren spagettide, en yüksek su absorbsiyon değeri ise %5 DN içeren spagettide elde edilmiştir.

Diyet lif içeriği zenginleştirilmiş makarna üretimi için farklı oranlarda (%2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0) DN kullanılan bir çalışmada, DN ilavesi ile makarnaların; glisemik indeksinin düştüğü, DN içeriğinin arttığı ve kabul edilebilir duyusal özelliklere sahip olduğu bulunmuştur (Bustos ve ark., 2011b).

Glutensiz makarna üretiminde %10, 15 ve 20 oranlarında DN kullanılan bir çalışmada, DN ilavesinin sıkılık değerlerini artırdığı ve %10'un üzerinde DN ilavesi ile yapışkanlığın azaldığı belirtilmiştir. Artan DN oranları ile birlikte, pişme kaybı değerlerinin azaldığı ve DN içeriğinin arttığı görülmüştür. Glutensiz makarnanın DN ile zenginleştirilmesinin, özellikle çölyaklı tüketiciler açısından oldukça faydalı olacağı bildirilmiştir (Foschia ve ark., 2017).

Yüksek DN içeriğine sahip olgunlaşmamış muz unu (%15, 30 ve 45) kullanılarak makarna üretilen bir çalışmada, makarnaya ilave edilen muz unu miktarı arttıkça pişme kaybının da arttığı görülmüştür. Muz unu ilavesinin, örneklerin DN miktarı ile birlikte

polifenol içeriği ve antioksidan kapasitesini de artırdığı belirlenmiştir (Ovando-Martinez ve ark., 2009).

Spagetti formülasyonunda DN kaynağı olarak olgunlaşmamış muz unu (%15, 30 ve 45) kullanılan başka bir çalışmada, muz unu ilavesinin spagettinin protein içeriğini azaltırken, kül ve nişasta miktarını artırdığı belirlenmiştir. %30 muz unu ilavesi ile DN içeriği artmış (%1.98'den %9.22'ye) ve kabul edilebilir örneklerin üretilebileceği tespit edilmiştir (Osorio-Diaz ve ark., 2014). Tiboonbun ve ark. (2011) ise, %20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında olgunlaşmamış muz unu kullanarak erişte üretmişlerdir. Olgunlaşmamış muz unu ilavesi ile örneklerin pişme kaybı ve DN içeriğinde artış elde etmişlerdir.

Srikaeo ve Sangkhiaw (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, erişte üretiminde %10, 20, 30, 40, 50 ve 60 oranlarında DN kullanılmıştır. İlave edilen DN miktarı arttıkça erişte örneklerinin DN içeriği de artmış ve glisemik indeks değerleri düşmüştür.

Dündar (2014); %5, 10 ve 15 oranlarında DN kullanarak erişte üretmiştir. DN ilavesinin kontrole göre pişme süresini kısalttığını, pişme kaybı ve suya geçen toplam organik madde miktarını azalttığını bildirmiştir. DN katkılanmış eriştelerin daha parlak ve DN miktarlarının da daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

2.6. Lüpen ve Dirençli Nişasta (DN) Katkılı Ekmek Üzerine Yapılan Çalışmalar

Ekmek, çoğunlukla rafine beyaz undan üretilmekte ve rafinasyon esnasında buğday tanesinin fonksiyonel bileşenlerinin önemli bir kısmı undan uzaklaştırılmaktadır. Günümüzde sıklıkla görülmeye başlanan hastalıklar (özellikle obezite, diyabet, kabızlık ve kolesterol), ekmek gibi yaygın tüketilen ürünlerin, sağlık üzerine olumlu etkileri artırılmış olarak sunulmasını gerektirmektedir. Literatürde ekmeğin lüpen unu veya DN ile besinsel ve fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesini konu alan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Mubarak (2001), lüpen unu katkısının (%3, 6, 9 ve 12) ekmeğin kimyasal, besinsel ve duyusal özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Lüpen unu miktarındaki artış, örneklerin özellikle lisin olmak üzere toplam esansiyel aminoasit ve protein miktarını artırmıştır. %6 oranında lüpen unu içeren örneklerin kontrol örneğe benzer duyusal puanlara sahip olduğunu tespit etmiştir.

Ekmeği zenginleştirmek amacıyla farklı oranlarda (%5, 10 ve 15) lüpen unu kullanan Ahmed (2013), lüpen unu ilavesinin ekmeğin kimyasal, reolojik ve besinsel özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Lüpen unu miktarının artması; su absorbsiyonu,

hamur gelişme süresi ve stabilite süresini artırmıştır. Lüpen unu katkılı örneklerin esansiyel aminoasit miktarı, biyolojik değeri, kimyasal skoru ve *in vitro* protein sindirilebilirliği değerlerini kontrolden daha yüksek bulmuştur. Yapılan duyusal değerlendirmede, %10 oranında lüpen unu ilavesinin, en az kontrol örneği kadar iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Farklı oranlarda (%5, 10 ve 15) lüpen unu kullanılarak ekmek üretilen bir çalışmada, ekmek formülasyonlarındaki lüpen unu miktarının artması ile hacim ve spesifik hacim değerlerinin azaldığı; sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, sakızımsılık ve esneklik değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir. Lüpen unu katkısı, ekmek içi renk *L** ve *b** değerlerini artırmış, *a** değerini ise düşürmüştür. Kabuk renk değerlerinde ise, lüpen unu ilavesi ile birlikte *L** ve *a** değerleri azalmış, *b** değerlerinde artış görülmüştür. En yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri, %15 oranında lüpen unu içeren ekmek örneğinde bulunmuştur (Abdel-Samie ve Abdulla, 2016).

Carbas ve ark. (2015), ekmek üretiminde lüpen unu (%10, 20 ve 30) kullanımının hamur reolojisi ve ekmek tekstürü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Formülasyona eklenen lüpen unu oranındaki artışın, stabiliteyi azalttığını ve yumuşama derecesini artırdığını bildirmişlerdir. Hamur sertliği ve yapışkanlığının %10 ve 20 oranlarında lüpen unu katkısı ile arttığını, %30 lüpen unu ilavesinin ise aynı parametrelerin azalmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ek olarak, lüpen miktarındaki artışla birlikte ekmek içi nem, sertlik ve çiğnenebilirliğin arttığını, esnekliğin azaldığını, ancak spesifik hacimde önemli ($p>0.05$) bir farkın olmadığını raporlamışlardır.

Lüpen unu ikamesinin (%10, 20 ve 30) ekmek kalitesine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, artan lüpen unu miktarıyla birlikte ekmek örneklerinin ağırlıkları artarken, hacim ve spesifik hacim değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda, lüpen unu oranındaki artış, hamur sertliği ve ekmek içi sıkılığının da artmasına neden olmuştur (Liu ve ark., 2018).

Villarino ve ark. (2015), %20 lüpen unu kullanarak ekmek üretmişlerdir. Kontrol buğday unu ekmeği ile karşılaştırıldığında, lüpen unu içeren ekmeklerin daha fazla protein, yağ, kül, diyet lifi ve toplam karotenoid içeriğine sahip olduğunu, örneklerin *in vitro* protein sindirilebilirliklerinin arttığını belirlemişlerdir.

Al Omari ve Abdul-Hussain (2013), düz ekmek üretiminde %5, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu kullanmışlardır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, en yüksek kül, lif, protein ve yağ içeriğinin %20 lüpen unu katkısı içeren ekmekte elde edildiğini belirtmişlerdir. Lüpen unu miktarının artması ile örneklerin sarılık ve kırmızılık

değerlerinin arttığını, parlaklık ve hacminin ise azaldığını raporlamışlardır. Düz ekmek formülasyonunda lüpen unu (%30) kullanılan bir başka çalışmada, lüpen unu ilavesi ile örneklerin çap değerlerinde önemli ($p>0.05$) bir değişiklik görülmezken, kalınlığın azaldığı ve yayılma oranının arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, örneklerin su, kül, protein ve mineral madde (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P ve Zn) içeriklerinin de arttığı tespit edilmiştir (Levent ve Bilgiçli, 2012).

Lüpen protein izolatı katkısının (%5 ve 10) ekmek kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, protein izolatı ilavesinin hamur su absorbsiyonu, gelişme süresi ve stabilite süresini artırdığı görülmüştür. Kontrol buğday unu ekmeği ile karşılaştırıldığında, protein izolatı içeren ekmeklerin su, sertlik, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerleri daha yüksek bulunmuştur (Paraskevopoulou ve ark., 2010).

Geleneksel diyet lifleri ile karşılaştırıldığında, DN eklendiği ürünün tekstür, görünüş ve organoleptik özelliklerini geliştirmektedir (Sajilata ve ark., 2006). Alviola ve ark. (2010), %15 oranında DN katkısının, hamur işleme özelliklerini ve ürün kalitesini olumsuz etkilemeden, kontrolden daha yüksek kabul edilebilirlik puanlarına sahip tortilla üretimine imkan verdiğini bildirmişlerdir. Wojciechowicz-Budzisz ve ark. (2015) da, DN ikamesi ile ekmeklerin enerji değeri ve toplam sindirilebilir karbonhidrat miktarının azaldığını belirlemişlerdir.

Akram ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, %10 oranında dirençli mısır/pirinç nişastası kullanılarak ekmek üretilmiştir. DN içeren hamurların su absorbsiyonu ve hamur gelişme süresinin kontrolden daha düşük, hamur stabilitesinin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan duyusal değerlendirmede, dirençli pirinç nişastası kullanılarak üretilen ekmeğin hacim, ekmek içi rengi, tat ve tekstür puanlarının kontrole benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Miller ve Bianchi (2017), farklı oranlarda (%0-25) DN ilavesinin hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. %20'ye kadar DN ilavesinin hamur su absorbsiyonu üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığını, ancak %20 ve 25 DN katkısının su absorbsiyonunu %2 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, %20'ye kadar DN ilavesinin ekmek hacmini etkilemediğini ve %15'in üzerinde DN içeren ekmeklerin iyi bir lif kaynağı olduğunu raporlamışlardır.

Mohebbi ve ark. (2018), ekmek üretiminde %5.5, 8.0 ve 10.5 oranlarında DN kullanarak ekmek üretmişler, ilave edilen DN miktarının artması ile hamur su absorbsiyonunun arttığını, gelişme ve stabilite sürelerinin azaldığını, DN ikamesi ile ekmeklerin sıkılık ve spesifik hacim değerlerinin de düştüğünü bildirmişlerdir.

Ekmek üretiminde fonksiyonel bir bileşen olarak DN (%10, 20 ve 30) kullanılan bir çalışmada; DN içeren örneklerin kontrolden daha düşük protein, yağ ve kül, daha yüksek diyet lifi miktarına sahip olduğu görülmüştür. %30 oranında DN katkısı ile, ekmek örneklerinin glisemik indeks değeri 100'den 76.5'e düşmüştür. Ekmeklere ilave edilen DN miktarının artması, ekmek içi L^* değerini azaltmış, kabuk L^* değerini ise artırmıştır. %20 oranında DN ilavesi ile tüketiciler tarafından kabul edilebilir ve sağlıklı ekmek üretilebileceği bildirilmiştir (Arp ve ark., 2018a).

Değişen miktarlarda (%10, 15 ve 20) DN ilavesinin ekmek kalitesi ve bayatlama oranı üzerine etkisini araştıran Barros ve ark. (2018), %15 DN içeren ekmeğin kontrole benzer spesifik hacim ile ekmek içi nem ve sıkılık değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Depolama süresince, DN içeren ekmeklerin kontrolden daha yüksek ekmek içi nemi, daha düşük sıkılık ve retrogradasyon oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Sankhon ve ark. (2013); %5, 10, 15, 20, 30 ve 40 oranlarında DN kullanımının ekmek kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Ekmek örneklerinin lif, DN ve kül içeriklerinin DN ilavesi ile arttığını, enerji değerinin ise azaldığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak, %5'in üzerinde DN kullanımının ekmeklerin spesifik hacminin azalmasına neden olduğunu tespit etmişler, %15'e kadar yapılan DN ikamesinin ekmeklerin duyusal özelliklerini olumsuz etkilemediğini raporlamışlardır.

Tortilla üretiminde DN (%0-15) kullanılan bir çalışmada, DN içeren hamurların kontrole göre daha sert ve uzayabilirliklerinin daha az olduğu, aynı zamanda daha ince tortillalar elde edildiği belirtilmiştir. %15 DN ilavesi, örneklerin diyet lif içeriğini %2.8'den %14'e yükseltmiş ve kontrolden daha yüksek kabul edilebilirliğe sahip tortilla üretimine imkan vermiştir (Jondiko, 2010). Farklı oranlarda (%15, 20 ve 25) DN kullanılarak tortilla üretilen bir başka çalışmada, DN ilavesinin örneklerin sertlik değerlerini azaltırken, uzayabilirliklerini etkilemediği tespit edilmiştir. Artan DN miktarları ile birlikte çap ve spesifik hacim artmıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, DN içeren tortillaların L^* değerleri artmış, a^* ve b^* değerleri ise azalmıştır (Alviola ve ark., 2012).

Glutensiz ekmek üretiminde DN (%10, 15 ve 20) kullanılan bir çalışmada, DN ilavesi ile ekmek içi tekstürel özelliklerinde (sertlik, esneklik ve çiğnenebilirlik) ve ekmeklerin organoleptik kalitesinde önemli ($p>0.05$) bir değişiklik olmadığı ifade edilmiştir. DN kullanımı ile, glutensiz ekmeklerin diyet lif içeriğinin zenginleştirilebileceği bildirilmiştir (Korus ve ark., 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan acı lüpen tohumları (*Lupinus albus* L.) Doğanhisar - Konya'dan (Türkiye), DN (Tip4) ise Konya'da faaliyet gösteren ticari bir firmadan (Türkiye) temin edilmiştir. Makarna üretiminde kullanılan durum buğdayı irmiği Selva Gıda Sanayi A.Ş.'den (Konya, Türkiye) alınmıştır. Ekmek üretiminde kullanılan buğday unu (Hekimoğlu, Konya, Türkiye), yaş maya (Pakmaya, Kocaeli, Türkiye) ve tuz Konya (Türkiye) piyasasından tedarik edilmiştir. Vital buğday gluteni ve SSL, Vatan Enzim A.Ş.'den (İstanbul, Türkiye), transglutaminaz enzimi SternEnzym GmbH & Co. (Ahrensburg, Almanya) firmasından elde edilmiştir.

Ham ve stabilize edilmiş lüpen unlarının ambalajlanmasında kullanılan kraft torba (70 g/m^2 kuşe kağıt/70 g/m^2 kraft kağıt) Papirüs Kağıt A.Ş. (Konya, Türkiye) firmasından, vakumlanabilir poliamid/polietilen torba (80 μ; O_2 geçirgenliği: 55 ml/m^2.d.bar; su buharı geçirgenliği<15 g/m^2.d) ise Ak Sedef Plastik A.Ş. (Kocaeli, Türkiye) firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Deneme planı dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında; acı lüpen tohumlarına, geleneksel yöntem ve endüstriye uyarlanabilir ultrason uygulamalı yöntem olmak üzere iki acılık giderme metodu uygulanmıştır. Geleneksel yöntem, acı lüpenlerin temin edildiği Doğanhisar'da, çiftçilerin uyguladığı metoda uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ultrason uygulamalı metotta ise, ısıl işlem sonrasında ıslatma suyunda 2 farklı su sıcaklığı (25 ve 65ºC) ve 4 farklı ultrasonikasyon süresi (her 4 saatte bir 10, 15, 20 ve 25 dk) uygulanmıştır. Acılığı gidermede en etkili olan ve kısa süren metot seçilmiş (25ºC - her 4 saatte bir 25 dk ultrasonikasyon - toplam 60 saat acılık giderme) ve bir sonraki aşamada geleneksel acılık giderme metoduyla karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Her iki yöntemle elde edilen acılığı giderilmiş lüpenler kurutulup, öğütülerek un haline getirilmiş, elde edilen unlarda toplam alkaloit miktarı, renk ve toplam karotenoid miktarı analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında; acılığı giderilmiş lüpen unları 3 farklı yöntem (ham, kuru kavurma ve mikrodalga) kullanılarak stabilize edilmiştir. Elde edilen örnekler; 2 farklı depolama ortamında (oda sıcaklığında (25±1°C), kraft ve vakum paketleme), 4 farklı depolama süresince (0, 2, 4 ve 6 ay) muhafaza edilmiştir. Stabilizasyon işlemi uygulanmamış ham lüpen unu örnekleri kontrol olarak değerlendirilmiştir. Her depolama süresinin sonunda un örneklerinde renk ve serbest asitlik analizleri yapılmıştır. En uzun raf ömrüne sahip unlarda kimyasal, besinsel ve antibesinsel analizler gerçekleştirilmiştir. Deneme, iki tekerrürlü olarak (3x2x4)x2 faktöriyel desene göre yürütülmüştür.

Çalışmanın üçüncü aşamasında; en uzun raf ömrüne sahip kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş 2 farklı lüpen unu (geleneksel ve ultrasonik yöntemlerle acılığı giderilmiş); %0, 10, 15 ve 20 oranlarında makarna ve ekmek üretiminde kullanılmıştır. Bütün kullanım oranlarına %0, 5 ve 10 oranlarında DN eklenerek teknolojik kalite açısından en ümitvar bulunan makarna ve ekmek örneklerinde kullanılabilecek en yüksek lüpen unu:DN oranı belirlenmiştir. Ekmek ve makarna denemeleri, (2x4x3)x2 deneme desenine göre iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bu kapsamda elde edilen makarna ve ekmek örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmanın dördüncü aşamasında; bir önceki aşamada teknolojik açıdan ümitvar bulunmuş en yüksek lüpen unu:DN oranına sahip makarna örneklerine seyrelen miktarda vital gluten, transglutaminaz enzimi (%0.5) ve bu ikisinin kombinasyonu, ekmek örneklerine ise seyrelen miktarda vital gluten, SSL (%0.5) ve bunların kombinasyonları ilave edilmiştir. Ekmek ve makarna denemeleri, iki tekerrürlü olarak (2x3)x2 deneme desenine göre yürütülmüştür. Üretilen makarna ve ekmek örneklerinde bazı fiziksel ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Acılık giderme

Acı lüpen tohumlarına, geleneksel acılık giderme yöntemi ile ultrasonik acılık giderme yöntemi uygulanmıştır. Geleneksel yöntem, acı lüpenlerin temin edildiği Doğanhisar'da çiftçilerin uyguladığı metoda uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu yönteme göre, acı lüpen örneklerine, 1:3 (w:v) oranında su ilave edilerek 75 dk boyunca kaynatma işlemi yapılmıştır. Bu işlemin ardından kaynatma suyu süzülerek uzaklaştırılmış, lüpen örneklerine 1:10 (w:v) oranında su eklenerek ıslatma işlemine devam edilmiştir. Islatma işlemi, her 4 saatte bir ıslatma suyunun değiştirilmesi suretiyle, 144 saat boyunca gerçekleştirilmiştir.

Endüstriye uyarlanabilir ultrason uygulamalı metotta ise, acı lüpen örneklerine 1:3 (w:v) oranında su eklenmiş ve 75 dk süre ile kaynatılmıştır. Kaynatma işleminin ardından örnekler süzülmüş ve ön denemelerde elde edilen parametreler ışığında, 1:10 (w:v) oranında su eklenerek, 2 farklı su sıcaklığında (25 ve 65ºC) ve 4 farklı ultrasonikasyon süresinde (her 4 saatte bir; 10, 15, 20 ve 25 dk), ultrasonik prob (20 kHz, 200 W - Bandelin UW 2200, Berlin, Almanya) aracılığıyla ultrason uygulamasına tabi tutulmuştur. Lüpen örneklerinin toplam alkaloit miktarı 0.02 g/100 g'a düşene kadar 4 saatte bir aynı işlemler uygulanmış, her 4 saatte bir ıslatma suyu değiştirilmiştir. Toplam alkaloit miktarı 0.02 g/100 g'a düşen örnekler, acılığı giderilmiş olarak kabul edilmiştir.

Her iki yöntemle elde edilen acılığı giderilmiş lüpenler, 50°C'deki kurutma dolabında (Nüve KD-200, Ankara, Türkiye) su içeriği %10'a düşene kadar kurutulmuş, çekiçli değirmende (Perten Laboratory Mill 3100, Hagersten, İsveç) öğütülerek un (<500 µ) haline getirilmiştir.

3.2.3. Lüpen unlarının stabilizasyonu ve depolanması

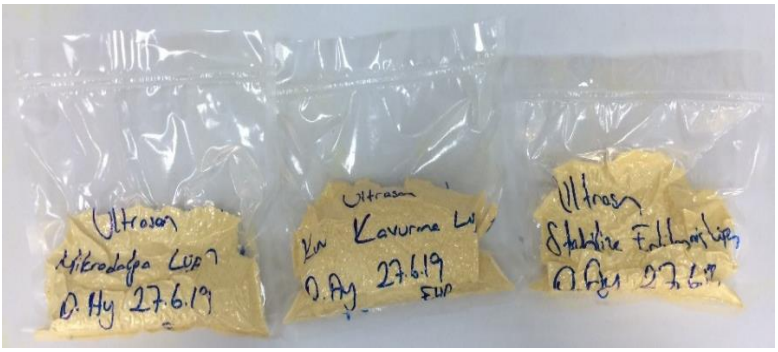
Stabilizasyon işleminde kullanılacak parametreler, Elgün ve ark. (2009) ve Shin ve ark. (2013)'na ait metotlar modifiye edilerek ve ön denemelerde ürün fiziksel özellikleri üzerinde minimum olumsuz etki oluşturan süre ve sıcaklık seçilerek belirlenmiştir. Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu (GALU) ve ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu (UALU) örnekleri, kuru kavurma ve mikrodalga stabilizasyon yöntemleri ile stabilize edilmiştir.

Kuru kavurma ile stabilizasyon; 250 g örnek 5 mm kalınlığında homojen bir şekilde tepsiye yayılmıştır. Lüpen unu örnekleri kurutma fırınında (Nüve KD-200, Ankara, Türkiye) 160°C'de 30 dk süre bekletilerek stabilize edilmiştir.

Mikrodalga ile stabilizasyon; 100 g örnek 3 mm kalınlığında homojen bir şekilde tepsiye yayılmış ve mikrodalga fırında (LG SolarDom, Seoul, Güney Kore) 600 Watt'ta 12 dk bekletilerek stabilize edilmiştir.

Stabilize edilmemiş ham lüpen unu örnekleri ile her iki stabilizasyon yöntemi uygulanarak stabilize edilen GALU ve UALU örnekleri, kraft (Şekil 3.1) ve vakum (Şekil 3.2) ambalajlar ile paketlenmiştir. Stabilizasyon işlemi uygulanmamış ham lüpen unu örnekleri, kontrol olarak değerlendirilmiştir. Tüm örnekler 6 ay süre ile oda sıcaklığında (25±1°C) aynı ortamda muhafaza edilmiştir.

Şekil 3.1. Kraft paketleme yapılmış lüpen unları



Şekil 3.2. Vakum paketleme yapılmış lüpen unları

3.2.4. Makarna üretimi

Makarna üretimi, Brennan ve Tudorica (2007) tarafından bildirilen metoda göre gerçekleştirilmiştir. Kontrol makarna örneği %100 durum buğdayı irmiği kullanılarak, 100:30 irmik:su oranına göre üretilmiş, lüpen unu ve DN içeren örneklere eklenen su miktarı ön denemeler ile belirlenmiştir. Zenginleştirilmiş makarna örneklerinin üretiminde buğday irmiği; %0, 10, 15 ve 20 oranlarında kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş GALU/UALU ve %0, 5 ve 10 oranlarında DN ile ikame edilmiştir. Makarna hamurunun karıştırılması, şekillendirme ve kesme işlemleri pilot makarna ekstrüderinde (La Monferrina Dolly, Moncalieri, İtalya) ve kalem (penne rigate) makarna kalıbı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.3).

Şekil 3.3. Şekillendirilmiş kalem makarna örnekleri

Kurutma işlemi ise pilot makarna kurutma ünitesinde (La Monferrina EC50, Moncalieri, İtalya) kalem makarna kurutma reçetesine (10 saat 44 dk, maksimum 58°C) göre gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4). Kuruyan makarnalar analiz edilene kadar oda koşullarında ağzı kapalı polietilen ambalajlar içerisinde muhafaza edilmiştir. Çalışmanın dördüncü aşamasında üretilen makarna örneklerinde ise, üçüncü aşamada teknolojik kalite açısından ümitvar bulunan makarna formülasyonuna (%15 GALU/UALU + %10 DN) seyrelen miktarda vital gluten, %0.5 transglutaminaz enzimi ve aynı oranlarda vital gluten:transglutaminaz kombinasyonu ilave edilmiştir.

Şekil 3.4. Kurutma ünitesi tepsisindeki makarna örnekleri

3.2.5. Ekmek üretimi

Kontrol ekmek örneğinin üretimi için; 100 g un esasına göre 3 g yaş maya, 1.5 g tuz ve su (farinografta elde edilen su kaldırma değerinin 2 puan üstü) kullanılmıştır. Tüm bileşenler, mikser (Hobart N50, Offenburg, Almanya) içerisinde karıştırıldıktan sonra düşük hızda (1. seviye - 136 rpm) 5 dk ve yüksek hızda (2. seviye - 281 rpm) 2 dk yoğrulmuştur (Şekil 3.5).

Şekil 3.5. Hamur yoğurma makinesi

Yoğurma işlemi tamamlandıktan sonra, fermentasyon kabininde (Fimak FMD 16, Konya, Türkiye) 30°C'de ve %80-90 nispi nemde kitle fermentasyonuna (30+30 dk) bırakılmıştır (Şekil 3.6). Fermentasyondaki hamurlar 30 dk'da bir katlanarak havalandırılmış, daha sonra şekillendirilerek 60 dk dinlendirilmiştir.

Şekil 3.6. Hamur fermentasyon kabini

Fermentasyon işlemi tamamlanan örnekler, 230°C'ye ısıtılmış fırında (Fimak Rokon Classic FRN10 G, Konya, Türkiye) 9 dk pişirilmiştir (Şekil 3.7). Lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinde buğday unu; %0, 10, 15 ve 20 oranlarında kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş GALU/UALU ve %0, 5 ve 10 oranlarında DN ile yer değiştirmiştir. Çalışmanın dördüncü aşamasında üretilen ekmek örneklerinde ise, üçüncü aşamada teknolojik kalite açısından ümitvar bulunan ekmek formülasyonuna (%10

GALU/UALU + %10 DN) seyrelen miktarda vital gluten, %0.5 SSL ve aynı oranlarda vital gluten:SSL kombinasyonu ilave edilmiştir.

Şekil 3.7. Ekmek pişirme fırını

3.2.6. Laboratuvar analizleri

3.2.6.1. Acılık giderme aşamasında yapılan analizler

3.2.6.1.1. Toplam alkaloit miktarı

Lüpen örneklerinin toplam alkaloit miktarı von Baer ve ark. (1979)'na göre, titrasyon metodu ile tespit edilmiştir. Öğütülmüş ve 250 µ delik çaplı elekten geçirilmiş 0.2 g lüpen unu örneği, 0.6 g alüminyum oksit ile karıştırılmış, daha sonra 0.2 ml 2.68 M potasyum hidroksit çözeltisi ilave edilmiştir. Bu karışım, iyice karıştırıldıktan sonra santrifüj tüpüne aktarılmış ve 6 ml kloroform eklenerek tekrar karıştırılmış, 900 g'de 2 dk süre ile santrifüjlenmiştir. Sıvı kısım, filtre kağıdı yardımı ile süzülerek erlenmayer içerisine alınmış, çökeltiye ise 6 ml kloroform eklenerek karıştırılmış ve 900 g'de 2 dk süre ile santrifüjlenmiştir. Bu işlem en az 10 defa tekrarlanmıştır. Daha sonra santrifüj tüpünde kalan örnek ve huni, 15 ml kloroform ile yıkanmıştır. Erlenmayer içerisindeki sıvı, 0.5 ml kalana kadar 30°C'de buharlaştırılmış, ardından 15°C'deki su banyosunda (Nüve BS 402, Ankara, Türkiye) soğutulmuştur. Toplam alkaloit miktarının belirlenmesi için örneğin üzerine 5 ml 0.005 M sülfürik asit ve 2 damla metil kırmızısı indikatörü

eklenmiş, 0.01 M sodyum hidroksit ile titre edilmiştir. Toplam alkaloit miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$Toplam\ alkaloit\ miktarı\ (g/100\ g) = \frac{0.248 * V}{\text{Örnek miktarı}\ (g)}$$

V= V_0-V_1

V_0: 5 ml

V_1: Titrasyonda harcanan 0.01 M sodyum hidroksit miktarı (ml)

3.2.6.1.2. Renk ölçümü

Örneklerin renk değerleri (L^* değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a^* değeri [(+) kırmızı-(-) yeşil] ve b^* değeri [(+) sarı-(-) mavi]), Francis (1998)'e göre, Minolta CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Toplam renk farkı (ΔE) değerleri ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{\left(L^*_{\text{Örnek}} - L^*_{Kontrol}\right)^2 + \left(a^*_{\text{Örnek}} - a^*_{Kontrol}\right)^2 + \left(b^*_{\text{Örnek}} - b^*_{Kontrol}\right)^2}$$

3.2.6.1.3. Toplam karotenoid miktarı

Örneklerdeki toplam karotenoid miktarı spektrofotometrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. 1 g örnek üzerine 10 ml aseton:su karışımı (9:1, v/v) ilave edilmiş, 4°C'deki santrifüjde (Hermle Z 326 K, Wehingen, Almanya) 3000 rpm'de 10 dk süre ile santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkan örneğin berrak kısmı başka bir santrifüj tüpüne alınmış, kalan katı kısımdan elde edilen ekstrakt renksizleşinceye kadar 10 ml aseton:su karışımı ilavesi ile santrifüj işlemine devam edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi tamamlamdıktan sonra, ekstraktın absorbans (Abs) değeri 471 nm dalga boyunda okunmuştur. Örneklerin toplam karotenoid miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Chuah ve ark., 2008).

$$Toplam\ karotenoid\ miktarı\ (mg/100\ g) = \frac{Abs * 50\ ml\ aseton * 100}{\text{Örnek ağırlığı}\ (mg)}$$

3.2.6.2. Depolama süresince yapılan analizler

Farklı yöntemler ile paketlenmiş ve 6 ay süresince depolanmış ham ve stabilize GALU/UALU örneklerinde, depolama stabilitesinin takibi için 0., 2., 4. ve 6. ay sonunda aşağıdaki analizler uygulanmıştır.

3.2.6.2.1. Renk ölçümü

Örneklerin renk ölçümleri 3.2.6.1.2 başlığı altında verilen metoda göre belirlenmiştir.

3.2.6.2.2. Serbest asitlik

Serbest asitlik tayini ICC Standart No 145'e göre, titrasyon metodu ile yapılmıştır (ICC, 2001). 10 g lüpen unu örneği üzerine 50 ml %67'lik etanol ilave edilerek 15 dk karıştırılmıştır. Süre sonunda elde edilen karışım, filtre kağıdından süzülmüştür. Süzüntüden 15 ml alınarak üzerine 2-3 damla fenolfitaleyn indikatörü eklenmiş, 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisi ile renk sarıdan pembeye dönene kadar titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisinin hacmi (ml) aşağıdaki formüle yerleştirilmiş ve serbest asitlik miktarı, kuru madde esasına göre sülfürik asit cinsinden % olarak belirlenmiştir.

$$Serbest\ asitlik\ (\%\ s\ddot{u}lf\ddot{u}rik\ asit\ cinsinden) = \frac{V * 0.00049 * 100 * F}{m}$$

V: Titrasyonda harcanan 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisinin hacmi (ml)
F: Seyreltme faktörü (50/15)
m: Örnek miktarı (g)

3.2.6.3. Hammadde analizleri

Ham (acı) lüpen, GALU, UALU, buğday irmiği, buğday unu ve DN örneklerinde aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

3.2.6.3.1. Renk ölçümü

Hammaddelerin renk ölçümleri 3.2.6.1.2 başlığı altında verilen metoda uygun olarak yapılmıştır.

3.2.6.3.2. Kimyasal analizler

3.2.6.3.2.1. Kül

Kül miktarı AACC 08-01'e göre belirlenmiştir (AACC, 1990). Örnekler 550°C'deki kül fırınında (Daihan Wisetherm F-12, Gangwon, Güney Kore), açık gri renkte kül elde edilene kadar yakılmıştır.

3.2.6.3.2.2. Ham yağ

Ham yağ analizi, AACC 30-25'e göre tespit edilmiştir (AACC, 1990). Örneklerdeki ham yağ miktarının belirlenmesi için Soxhelet sistemi kullanılmış ve örnekler hekzan ile ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstraksiyonun ardından hekzan uzaklaştırılmış, kalıntı sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Sonuçlar, kuru madde esasına göre % olarak belirlenmiştir.

3.2.6.3.2.3. Ham protein

Ham protein tayini, AACC 46-30'a göre Dumas yakma metodu ile kuru madde esasına göre yapılmıştır (AACC, 2000). Buğday unu ve buğday irmiği için 5.70, diğer hammaddeler için 6.25 çevrim faktörü kullanılarak örneklerin ham protein miktarları tespit edilmiştir.

3.2.6.3.2.4. Toplam diyet lifi

AACC 32-07'ye göre enzimatik-gravimetrik yöntemle örneklerde bulunan toplam diyet lifi miktarı tespit edilmiştir (AACC, 1990). MES/Tris tampon çözeltisi (pH 8.2) ile muamele edilen örnekler ilk olarak α-amilaz enzimi ile jelatinize edilmiş, ardından proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri tarafından enzimatik parçalanmaya tabi

tutulmuştur. Daha sonra etanol (%95, v/v) ve aseton ile yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama sonrası elde edilen kalıntı etüvde (Nüve FN-500, Ankara, Türkiye) kurutularak tartılmış, paralellerden birisinde kül (k), diğerinde ise protein (p) miktarı belirlenerek aşağıdaki formüle göre toplam diyet lifi miktarı hesaplanmıştır.

$$Toplam\ diyet\ lifi\ (g/100\ g) = \frac{[(m_2 - m_1) - (k + p)]}{m} * 100$$

m_1: Kroze ağırlığı (g)

m_2: Kroze ağırlığı + toplam diyet lif kalıntısının ağırlığı (g)

m: Örnek ağırlığı (g)

3.2.6.3.2.5. Dirençli nişasta (DN)

Örneklerin DN miktarı, AACC 32-40'a göre DN analiz kiti (Megazyme K-RSTAR, Wicklow, İrlanda) kullanılarak tespit edilmiştir (AACC, 2000). Analiz için; örnekler (100 mg), pankreatik α-amilaz ve amiloglukozidaz enzimleri ilave edilerek 37°C'deki çalkalamalı su banyosunda 16 saat boyunca inkübe edilmiştir. Süre sonunda enzimatik reaksiyonun durdurulması için örneklerin üzerine etanol (%99, v/v) eklenmiş ve 4500 g'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Süpernatant ayrıldıktan sonra kalan katı kısım, etanol:su (50:50, v/v) karışımı ile iki defa yıkandıktan sonra tekrar santrifüjlenmiştir. Süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra katı kısım üzerine 2 M potasyum hidroksit çözeltisi eklenmiş, buz banyosunda karıştırılarak 20 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 1.2 M sodyum asetat tampon çözeltisi (pH 3.8) ve amiloglukozidaz enzimi eklenerek nişastanın glikoza hidrolizi sağlanmıştır. Glikoz oksidaz/peroksidaz reaktifi (GOPOD) kullanılarak, 510 nm'de köre (0.1 ml 100 mM sodyum asetat tampon çözeltisi (pH 4.5) + 3 ml GOPOD) karşı örneklerin glikoz miktarı tespit edilmiş ve aşağıdaki formül ile örneklerdeki DN miktarı belirlenmiştir.

$$DN\ (g/100\ g) = \frac{Abs * F * 9.27}{Örnek\ ağırlığı}$$

F: $100/Abs_{standart}$

3.2.6.3.2.6. Fitik asit

Örneklerdeki fitik asit miktarı, Haug ve Lantzsch (1983)'e göre kolorimetrik yöntemle belirlenmiştir. 0.3 g örnek, 50 ml 0.2 N hidroklorik asit çözeltisinde ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakttan 0.5 ml alınarak deney tüpüne koyulmuş, üzerine 1 ml amonyum demir (III) sülfat çözeltisi eklenerek 30 dk kaynar su banyosunda tutulmuştur. Daha sonra buz banyosunda 15 dk bekletilen örneklere 2 ml 2,2'-bipiridin çözeltisi eklenmiş ve örneklerin Abs değerleri UV/görünür bölge spektrofotometresi (Biochrom Libra S22, Cambridge, Birleşik Krallık) ile 519 nm dalgaboyunda okunmuştur. Sonuçlar, kuru madde esasına göre mg/100 g olarak verilmiştir.

3.2.6.3.2.7. Toplam fenolik madde

Örneklerin toplam fenolik madde miktarı, Folin-Ciocalteu metoduna göre kolorimetrik olarak tespit edilmiştir. Ekstraksiyon için; 4 g örnek, 10 ml solvent (metanol:su:HCl, 80:10:1, v/v/v) içerisinde, 50°C'de 2 saat süre ile çalkalamalı su banyosunda (Daihan Wisebath WSB-30, Gangwon, Güney Kore) inkübe edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir (Beta ve ark., 2005). Analiz için; 0.1 ml süpernatant deney tüpüne alınmış, üzerine 1.5 ml sodyum karbonat (%20'lik, w/v, suda) ve 0.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi (%10'luk, v/v, suda) eklenmiş ve saf su ile 10 ml'ye tamamlanarak, oda sıcaklığında ve ışık görmeyen bir ortamda 2.5 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda, 760 nm'de örneklerin Abs değerleri okunmuştur. Gallik asit standardı kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrisi aracılığıyla örneklerin toplam fenolik madde miktarları hesaplanmış ve kuru madde esasına göre mg gallik asit eşdeğeri/kg (mg GAE/kg) olarak verilmiştir (Gamez-Meza ve ark., 1999).

3.2.6.3.2.8. Antioksidan aktivite

Örneklerin antioksidan aktiviteleri 2-2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin ekstraksiyonu, toplam fenolik madde analizinde belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Analiz için; 0.1 ml süpernatant üzerine 0.9 ml Tris-HCl tampon çözeltisi (pH 7.4) ve 2 ml metanolik DPPH çözeltisi ilave edilerek, oda sıcaklığında ve ışık görmeyen bir ortamda 30 dk süre ile inkübe edilmiştir. Süre sonunda örneklerin Abs değerleri, 517 nm'de köre (0.9 ml Tris-HCl + 2 ml DPPH)

karşı okunmuş ve aşağıdaki formül kullanılarak antioksidan aktivite (% inhibisyon) tespit edilmiştir (Gyamfi ve ark., 1999).

$$Antioksidan\ aktivite\ (\%\ inhibisyon) = \frac{(Abs_{Kör} - Abs_{Örnek})}{Abs_{Kör}} * 100$$

3.2.6.3.2.9. *In vitro* glisemik indeks

Örneklerin glisemik indeks değeri *in vitro* olarak nişasta hidroliz hızının ölçülmesi ile belirlenmiştir (Goni ve ark., 1997). Örnekler (50 mg), 10 ml HCl-KCl tampon çözeltisi (pH 1.5) ile homojenize edildikten sonra üzerlerine 0.2 ml pepsin içeren HCl-KCl tampon çözeltisi ilave edilerek, su banyosunda 40°C'de 1 saat çalkalanmıştır. Süre sonunda, Tris-maleat tampon çözeltisi (pH 6.9) ile örneklerin hacmi 25 ml'ye tamamlanmış ve örneklerin pH'sı 1 M NaOH çözeltisi ile 6.9'a ayarlanmıştır. Örneklerdeki nişastanın hidroliz edilmesi amacıyla, α-amilaz içeren Tris-maleat tampon çözeltisi (5 ml) eklenmiş ve çalkalamalı su banyosunda 37°C'de 3 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon esnasında belirli aralıklarla örnek (1 ml) alınarak, amilaz enziminin inaktivasyonu için kaynar su banyosunda bekletilmiş ve +4°C'de muhafaza edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda elde edilen örneklere 3 ml 0.4 M sodyum asetat tampon çözeltisi (pH 4.75) ve 60 µL amiloglukozidaz enzimi ilave edilmiş, örnekler 60°C'deki su banyosunda 45 dk inkübe edilmiştir. Süre sonunda, 0.1 ml örnek alınarak üzerine 3 ml GOPOD eklenmiş ve 45°C'de 20 dk inkübe edilmiştir. 510 nm'de örneklerin Abs değerleri okunarak glikoz miktarları aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$Glikoz\ (\%) = \frac{Abs * V * C * D}{Abs_{standart} * m} * 100$$

V: Test çözeltisinin toplam hacmi (ml)
C: Standardın konsantrasyonu (mg/ml)
D: Seyreltme faktörü
m: Örnek miktarı (mg)

Nişasta hidroliz eğrilerinin oluşturulması için, glikoz değerleri 0.9 ile çarpılarak hidrolize olan nişasta miktarı tespit edilmiştir. Non-lineer olarak modellenen hidroliz

eğrileri, OriginPro 2018 (Massachusetts, ABD) programı kullanılarak değerlendirilmiş, eğri altında kalan alanın referans örneğin hidroliz eğrisi altında kalan alana oranı, hidroliz indeksi (HI) olarak belirlenmiştir. Eğri altında kalan alan (EAA), aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C = C_{\infty}(1 - e^{-kt})$$

$$EAA = C_{\infty}(t_f - t_0) - \frac{C_{\infty}}{k}\left(1 - e^{-k(t_f - t_0)}\right)$$

C: t anındaki konsantrasyon

C_{∞}: Denge anındaki konsantrasyon (t180)

t_f: Analizin bitiş süresi (180)

t_0: Analiz başlangıç süresi (0)

k: Kinetik sabit

t: Seçilen süre

Örneklerin *in vitro* glisemik indeks değeri aşağıdaki formül kullanılarak tespit edilmiştir.

$$Glisemik\ indeks = 39.71 + 0.549 * HI$$

In vitro glisemik indeks değerleri beyaz ekmek referans alınarak hesaplanmış, sonuçlar aşağıdaki formüle göre glikoz referansına dönüştürülerek ifade edilmiştir (Schakel ve ark., 2008; Candal, 2016).

$$Glisemik\ indeks\ (ekmek) = 1.43 * Glisemik\ indeks\ (glikoz)$$

3.2.6.3.2.10. Mineral madde

Örneklerdeki mineral madde (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P ve Zn) miktarı, ICP-AES (indüktif eşlenmiş plazma - atomik emisyon spektrofotometresi) cihazı (Varian Vista Series, Zug, İsviçre) kullanılarak Skujins (1998)'e göre tespit edilmiştir. 1 g örnek üzerine 10 ml sülfürik asit + nitrik asit karışımı ilave edilerek mikrodalga yakma sisteminde (Cem

Mars 5, North Carolina, ABD) yakılmış, elde edilen süzüklerin mineral madde içeriği ICP-AES cihazı ile belirlenmiştir.

3.2.6.4. Makarna analizleri

3.2.6.4.1. Renk ölçümü

Makarna örneklerinin renk ölçümleri 3.2.6.1.2 başlığı altında verilen metoda uygun olarak yapılmıştır. Renk ölçümleri, makarna örneklerinin 5 farklı noktasından olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.4.2. Ağırlık ve hacim artışı

Pişmiş makarna örneklerinde ağırlık artışının belirlenmesi için, 20 g makarna 250 ml kaynar saf su içerisinde ön denemelerle belirlenen pişme süresince pişirilmiş, pişen örnekler süzüldükten sonra ağırlıkları belirlenerek, çiğ ve pişmiş örnekler arasındaki ağırlık farkı % olarak tespit edilmiştir.

Hacim artışının belirlenmesi için, içerisinde saf su bulunan ölçü silindirinde 20 g çiğ makarnanın taşırdığı suyun hacmi tespit edilmiştir. Daha sonra 20 g makarna, ağırlık artışı testinde olduğu gibi pişirilip süzülmüş ve 2 dk sonra içinde saf su bulunan ölçü silindirinde taşırdığı suyun hacmi belirlenerek, çiğ ve pişmiş makarna hacimleri arasındaki farktan % olarak hacim artışı bulunmuştur (Oh ve ark., 1985; Özkaya, 2005).

3.2.6.4.3. Suya geçen kuru madde miktarı

Makarna örneklerinin suya geçen kuru madde (SGKM) miktarının belirlenmesi için; 20 g makarna, kaynayan 250 ml saf su içerisinde optimum pişme süresince pişirilmiş ve piştikten sonra süzülmüştür. Elde edilen süzüntü, 135°C'deki kurutma dolabında kurutulmuş ve SGKM miktarı % olarak hesaplanmıştır (Özkaya, 2005).

3.2.6.4.4. Sıkılık

Pişmiş makarna örneklerinde sıkılık testi, tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems TA-XT.Plus, Surrey, Birleşik Krallık) ile AACC 66-50 metoduna göre

yapılmıştır (AACC, 2000). Örneklerin sıkılık değerlerinin belirlenmesi için A/LKB-F donanımı kullanılmıştır.

3.2.6.4.5. Kimyasal analizler

Makarna örneklerinde; kül, ham protein, ham yağ, toplam diyet lifi, DN, fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, *in vitro* glisemik indeks ve mineral madde analizleri 3.2.6.3.2 başlığı altında verilen metotlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.4.6. Duyusal analizler

Makarna örneklerinin duyusal değerlendirmesi, 12 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme, pişmiş makarna örneklerinde 1-9 arasındaki skalanın (1: aşırı kötü, 5: orta, 9: aşırı iyi) kullanımı ile; renk, tat, koku, görünüş, yapışkanlık ve genel beğeni parametreleri üzerinden yapılmıştır (Epler ve ark., 1998).

3.2.6.5. Ekmek analizleri

3.2.6.5.1. Renk ölçümü

Ekmek örneklerinin renk ölçümleri 3.2.6.1.2 başlığı altında verilen metoda göre yapılmıştır. Örneklerin renk değerleri, hem kabuk hem de ekmek içinin 5 farklı noktasından yapılan ölçümlerin ortalamasının alınması ile belirlenmiştir.

3.2.6.5.2. Ağırlık, hacim ve spesifik hacim

Ekmek örnekleri, pişirme işleminin ardından 60 dk oda sıcaklığında dinlendirilmiş, daha sonra ağırlık ve hacim değerleri belirlenmiştir. Hacim ölçümü; AACC 10-05 metoduna uygun olarak, kolza tohumu ile yer değiştirme esasına göre yapılmıştır (AACC, 1990). Hacim değerinin ağırlık değerine oranlanması ile spesifik hacim değeri tespit edilmiştir (Elgün ve ark., 2001).

3.2.6.5.3. Tekstür analizleri

Ekmek örneklerinin tekstür analizleri; AACC 74-09'a göre, tekstür analiz cihazı kullanılarak, depolamanın (25±1°C) 1. ve 3. günlerinde gerçekleştirilmiştir (AACC, 2000). 2.5 cm kalınlığında kesilen ekmek dilimlerinin üzerine silindir prob (P/36R) ile iki defa baskı uygulanması sonucu elde edilen grafiğin değerlendirilmesi suretiyle; örneklerin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), koheziflik (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve esneklik (resilience) değerleri belirlenmiştir.

Ekmek içi sıkılık (firmness) değerlerinin tespitinde de aynı prob kullanılmış, test hızı 1.7 mm/sn ve deformasyon oranı %40 olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.2.6.5.4. Kimyasal analizler

Ekmek örneklerinde; kül, ham protein, ham yağ, toplam diyet lifi, DN, fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, *in vitro* glisemik indeks ve mineral madde analizleri 3.2.6.3.2 başlığı altında belirtilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.5.5. Duyusal analizler

Ekmek örneklerinde; tat, koku, görünüş, simetri, gözenek yapısı ve genel beğeni özellikleri 12 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirmede 1-9 arasındaki skala (1: aşırı kötü, 5: orta, 9: aşırı iyi) kullanılmıştır (Hooda ve Jood, 2005).

3.2.7. İstatistiki analizler

İstatistiki analizlerde TARIST istatistik programının 4.01 versiyonu (Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye) kullanılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutularak, ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi aracılığıyla karşılaştırılmıştır ($p<0.05$). İstatistiki analiz sonuçları çizelgeler halinde özetlenmiş, önemli olduğu tespit edilen interaksiyonlar şekiller üzerinde tartışılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Acılık Giderme Analiz Sonuçları

4.1.1. Toplam alkaloit miktarı

Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri kullanılarak acılığı giderilmiş lüpen örneklerinin toplam alkaloit miktarları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Alkaloitler; bitkinin bakteriler, mantarlar ve böceklere karşı savunma mekanizmasını oluşturan, farklı toksisiteye sahip sekonder metabolitlerdir (Austin ve ark., 1988; Fewell ve Roddick, 1993; Sanford ve ark., 1997). Acı lüpen tohumlarında, başta lupanin ve spartein olmak üzere acı tada sebep olan kinolizidin alkaloitleri bulunmakta, lüpenin gıda ve yem olarak tüketimini sınırlandırmaktadır (Pothier ve ark., 1998). Lüpenin güvenilir bir şekilde tüketilebilmesi için, alkaloit içeriği 0.02 g/100 g'ın üzerine çıkmamalıdır (Cowling ve ark., 1998).

Çalışmada kullanılan hem geleneksel hem de ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemlerinin her ikisinin de, lüpen örneklerinin toplam alkaloit içeriğinde azalma sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Kaynatma ve ıslatma işlemleri, suda çözünür olan alkaloitlerin tohumlardan uzaklaşmasını kolaylaştırmakta ve böylece toplam alkaloit miktarında azalma meydana gelebilmektedir (Mohammed ve ark., 2017).

Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri karşılaştırıldığında; farklı ıslatma suyu sıcaklıklarında ve farklı sürelerde ultrason uygulaması ile gerçekleştirilen yöntemler ile acılık giderme işleminin, geleneksel yönteme göre çok daha kısa sürede tamamlandığı tespit edilmiştir. Geleneksel yöntem ile 144 saat sonunda acılık giderme işlemi tamamlanırken, 25°C ıslatma suyu sıcaklığında her 4 saatte bir 25 dk ultrason uygulanan ultrasonik yöntem ile, 60 saat sonunda örneklerin toplam alkaloit miktarının 0.01 g/100 g'a düşmesi sağlanmış ve böylece acılık giderme işlemi bu yöntem ile en kısa sürede tamamlanmıştır (Çizelge 4.1). Hücre duvarının geçirgenliği, alkaloitlerin lüpen tohumlarından uzaklaşmasında etkili olabilmektedir (Mohammed ve ark., 2017). Ultrasonun kavitasyon etkisi, hücre duvarlarının parçalanmasına ve böylece hücresel içeriğin difüzyonunun artırılmasına sebep olabilmektedir (Toma ve ark., 2001).

Çizelge 4.1. Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri ile elde edilen lüpen örneklerine ait toplam alkaloit (g/100 g) miktarları[1]

Islatma süresi (saat)	Acılık giderme yöntemi								
	Geleneksel	Ultrason - 25°C				Ultrason - 65°C			
		10 dk	15 dk	20 dk	25 dk	10 dk	15 dk	20 dk	25 dk
0 (Ham)	1.63	-	-	-	-	-	-	-	-
1.25 (Kaynatma)	0.96	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.90	0.89	0.86	0.78
8	0.90	0.87	0.86	0.82	0.80	0.83	0.81	0.79	0.69
12	0.87	0.81	0.80	0.76	0.72	0.77	0.76	0.73	0.61
16	0.83	0.76	0.76	0.69	0.62	0.72	0.71	0.68	0.53
20	0.80	0.71	0.70	0.62	0.53	0.66	0.65	0.64	0.46
24	0.76	0.64	0.65	0.54	0.48	0.61	0.57	0.58	0.39
28	0.73	0.58	0.59	0.46	0.43	0.56	0.51	0.51	0.35
32	0.69	0.51	0.52	0.39	0.37	0.50	0.44	0.46	0.31
36	0.66	0.46	0.47	0.32	0.32	0.45	0.37	0.40	0.27
40	0.61	0.41	0.38	0.25	0.27	0.38	0.31	0.35	0.24
44	0.58	0.34	0.31	0.19	0.21	0.33	0.24	0.28	0.21
48	0.55	0.30	0.24	0.14	0.15	0.28	0.20	0.23	0.15
52	0.51	0.24	0.17	0.09	0.09	0.23	0.15	0.16	0.09
56	0.49	0.19	0.12	0.07	0.04	0.18	0.09	0.10	0.05
60	0.47	0.15	0.09	0.05	0.01	0.14	0.07	0.07	0.03
64	0.45	0.11	0.07	0.03		0.10	0.05	0.05	0.01
68	0.42	0.08	0.05	0.01		0.08	0.04	0.03	
72	0.40	0.07	0.03			0.06	0.03	0.01	
76	0.37	0.05	0.01			0.03	0.01		
80	0.35	0.03				0.01			
84	0.33	0.01							
88	0.31								
92	0.28								
96	0.25								
100	0.24								
104	0.22								
108	0.20								
112	0.18								
116	0.15								
120	0.12								
124	0.10								
128	0.07								
132	0.06								
136	0.04								
140	0.03								
144	0.01								

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Bununla birlikte, kavitasyon gıda maddesinin yüzeyinde, sıvının katıya geçişini sağlayan mikrojetler üretmektedir. Bu etki, sıvıdan katıya ya da katıdan sıvıya kütle transferini artırabilmektedir. Ultrasonun çeşitli bileşenlerin ekstraksiyonu üzerindeki olumlu etkilerinin, kavitasyonun sebep olduğu hücre parçalanması ve akustik akıma bağlı olarak kütle transferinin hızlandırılmasından kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Toma ve ark., 2001; Rodriguez ve ark., 2018). Bu çalışmada da, ultrason uygulaması ile lüpenden ıslatma suyuna alkaloit ekstraksiyonunun, geleneksel yönteme göre daha hızlı bir şekilde gerçekleşmesinin, akustik kavitasyon ve kavitasyonun sebep olduğu mikrojetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ultrason uygulama süresi açısından değerlendirme yapıldığında, her iki ıslatma suyu sıcaklığında da uygulama süresinin artması ile alkaloit ekstraksiyonunun arttığı, her 4 saatte bir 25 dk ultrason uygulaması ile toplam alkaloit miktarının daha hızlı bir şekilde düştüğü ve diğer yöntemlere göre daha kısa sürede acılığı giderilmiş lüpen örneklerinin elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.1). Literatürde ultrason uygulama süresinin yanında; ultrason gücü, frekans, genlik, uygulama sıcaklığı ve çözücü çeşidinin de ekstraksiyon verimi üzerinde etkili faktörler arasında yer aldığı belirtilmektedir (Vinatoru, 2001; Mason ve ark., 2005; Chemat ve ark., 2008).

Elde edilen verilere göre, ultrasonik acılık giderme yönteminde kullanılan aynı uygulama sürelerindeki farklı ıslatma suyu sıcaklıkları, acılık giderme prosesinin birbirine yakın sürelerde tamamlanması ile sonuçlanmıştır (Çizelge 4.1). Izadiyan ve Hemmateenejad (2016), sıcaklığın ekstraksiyon prosesi üzerinde pozitif etki gösterdiğini, bununla birlikte bitkisel bileşiklerin daha düşük sıcaklıklarda daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Jimenez-Martinez ve ark. (2007), ham lüpen tohumlarının (*L. campestris*) alkaloit içeriğinin 2.33 mg/kg olduğunu, ıslatma ve pişirme işlemleri sonucunda tohumların alkaloit içeriğinin sırasıyla 1.63 ve 1.05 mg/kg'a düştüğünü bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada ise, ham lüpenin (*L. mutabilis* Sweet) toplam alkaloit içeriği 2.66 g/100 g olarak tespit edilirken, pişirme işlemi (1 saat) sonunda 1.63 g/100 g ve ıslatma işlemi (36 saat) sonunda ise 1.51 g/100 g olarak bulunmuştur (Carvajal-Larenas ve ark., 2013).

And lüpeninin (*L. mutabilis* Sweet) hidrasyon kinetikleri üzerine ultrasonun etkisini araştıran Miano ve ark. (2019), geleneksel yönteme göre hidrasyon prosesinin %40 oranında daha hızlı gerçekleştiğini, ultrason kullanılarak ıslatılmış tohumların geleneksel yöntemle ıslatılanlardan %21 daha az alkaloit içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, birçok araştırmacının çeşitli gıdalardan

biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda ultrason gücünü kullandığı görülmektedir (Ahmad-Qasem ve ark., 2013; Both ve ark., 2014; Rodrigues ve ark., 2015; M. Wang ve ark., 2016; Ayim ve ark., 2018; Goltz ve ark., 2018). Bu çalışmalarda, ultrason kullanımı ile ekstraksiyon süresinin kısaldığı ve ekstrakt veriminin de önemli ölçüde arttığı raporlanmıştır. *Catharanthus roseus* bitkisinden alkaloitlerin ekstraksiyonunda ultrason kullanan Yang ve ark. (2011), ekstraksiyon süresinin 4 saatten 30 dk'ya düştüğünü bildirmişlerdir. Yeşil cevizlerde acılığın giderilmesinde klasik ekstraksiyon yöntemine alternatif olarak ultrason destekli ekstraksiyon kullanan Uğurlu (2018), geleneksel yöntemle 6 günde tamamlanan acılık giderme işleminin, ultrason destekli ekstraksiyon ile 12 saatte tamamlandığını tespit etmiştir. Ultrason destekli ekstraksiyon ile nar kabuğundan antioksidan ekstrakte edilen bir çalışmada ise, ultrason kullanımı ile geleneksel yönteme göre ekstraksiyon süresinde %87 oranında azalma olduğu belirtilmiştir (Pan ve ark., 2011).

Alkaloit ekstraksiyonunda farklı ultrason uygulama sürelerinin (0, 10, 20, 30, 40 ve 60 dk) ekstrakt verimi üzerine etkilerini araştıran Ma ve ark. (2012), ultrason uygulama süresinin 0 dk'dan 30 dk'ya yükselmesi ile ekstrakt veriminin de arttığını, 30-60 dk arasındaki uygulama sürelerinde ise ekstrakt veriminde hafif bir artış olduğunu raporlamışlardır. Çeşitli bitkisel ürünlerin (rezene, şerbetçiotu, kadife çiçeği, üzerlik otu ve nane) ekstraksiyonunda ultrason destekli ekstraksiyon kullanan Vinatoru (2001), ultrason uygulama süresinin artması ile ekstrakt veriminin de arttığını belirlemiştir. Deng ve ark. (2011) ise, alkaloit ekstraksiyonunda ultrason uygulama süresinin 5 dk'dan 10 dk'ya yükselmesi ile ektrakt veriminde önemli bir artışın olduğunu, ancak 10 dk'nın üzerindeki uygulama sürelerinde (15, 20 ve 25 dk) ekstrakt veriminde önemli bir değişikliğin gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Lüpenin acılığını gidermek amacıyla iki farklı ıslatma suyu sıcaklığı (25 ve 65°C) kullanan Erbaş (2010), ıslatma suyu sıcaklığının toplam alkaloit içeriği üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığını tespit etmiştir. Bununla birlikte, 25°C'de yapılan acılık giderme işleminin, daha kabul edilebilir duyusal özellikler ile sonuçlandığını ifade etmiştir. Zeytinin acılığının giderilmesinde farklı sıcaklıklarda (25, 30 ve 35°C) ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi kullanan Habibi ve ark. (2015) ise, uygulama sıcaklığının artması ile acılık giderme süresinin azaldığını bildirmişlerdir.

4.1.2. Renk değerleri

Farklı yöntemlerle acılığı giderilmiş lüpen örneklerine ait renk L^* değerleri Çizelge 4.2'de, a^* değerleri Çizelge 4.3'te, b^* değerleri Çizelge 4.4'te ve ΔE değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Geleneksel yöntemle 144 saat, 25°C ultrason uygulamasında 10, 15, 20 ve 25 dk için sırasıyla 84, 76, 68 ve 60 saat, 65°C ultrason uygulamasında 10, 15, 20 ve 25 dk için sırasıyla 80, 76, 72 ve 64 saat sürelerde lüpen tohumlarının acılığı 0.02 g/100 g'ın altına düşmüştür. Analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında bu değerler kullanılmıştır.

Ham lüpen örneklerinin L^* değeri 87.96 olarak bulunurken; geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş (144 saat) örneklerin L^* değeri 86.52, en düşük acılık giderme süresine sahip 25°C'de 25 dk'lık (her 4 saatte bir) ultrason uygulaması ile acılığı giderilen (60 saat) örneklerin L^* değeri ise 85.88 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Pişirme ve ıslatma işlemi boyunca baklagillerin renk değerlerindeki (L^*, a^* ve b^*) değişim, oligosakkaritler ve diğer katı maddelerin çözünmesi ile ilişkilendirilmektedir (Akinyele ve Akinlosotu, 1991; Somiari ve Balogh, 1993; Han ve Baik, 2006). Ayrıca, acılığı giderilmiş lüpen tohumlarının renk değerlerindeki değişimin, kütle transferi (Carcel ve ark., 2007; Wambura ve ark., 2008) ile esmerleşme gibi bazı reaksiyonların gerçekleşmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Yıldırım ve Öner, 2015). Ultrasonun kavitasyon etkisi ise, oligosakkaritlerin ve nişastanın daha hızlı bir şekilde ıslatma suyuna geçmesine neden olmakta, bu da ultrasonla acılığı giderilmiş örneklerin geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş örneklerden daha düşük L^* değerlerine sahip olmasına sebep olabilmektedir (Mason ve ark., 1996). Khadhraoui ve ark. (2018), ultrason destekli ekstraksiyonda bitkisel dokulardaki renk değişiklikleri ile ilişkili olabilecek altı farklı mekanizma olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu mekanizmalar, ultrason uygulaması süresince birbirini takip ederek doku yapısının kademeli olarak fiziksel hasarına neden olabilen; erozyon, kesme kuvvetleri, sonoporasyon, parçalanma, kılcallık etkisi ve tekstür bozulmasıdır.

Ultrason uygulamalı acılık giderme yönteminde kullanılan ıslatma suyu sıcaklıkları karşılaştırıldığında; yüksek sıcaklık (65°C) uygulanarak acılığı giderilmiş örneklerin L^* değerlerinin, düşük sıcaklık (25°C) uygulananlardan daha küçük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri ile elde edilen lüpen örneklerine ait *L** değerleri[1]

Islatma süresi (saat)	Acılık giderme yöntemi								
	Geleneksel	Ultrason - 25°C				Ultrason - 65°C			
		10 dk	15 dk	20 dk	25 dk	10 dk	15 dk	20 dk	25 dk
0 (Ham)	87.96	-	-	-	-	-	-	-	-
1.25 (Kaynatma)	86.19	-	-	-	-	-	-	-	-
4	85.74	85.11	85.78	86.12	86.29	85.39	85.91	86.39	86.72
8	85.80	85.49	86.18	86.27	86.49	85.72	86.38	86.52	86.92
12	85.83	85.63	86.34	86.43	86.62	85.94	86.51	86.64	87.28
16	85.84	86.10	86.49	86.61	86.84	86.15	86.68	86.89	87.58
20	85.53	85.97	86.27	86.18	85.93	86.05	86.43	86.57	86.91
24	85.40	85.48	85.79	85.58	85.16	85.89	86.27	86.11	86.37
28	85.29	84.86	84.92	84.44	84.64	85.57	85.81	85.56	85.42
32	85.47	84.28	84.11	83.32	83.42	85.33	85.47	85.08	84.60
36	85.51	84.05	83.78	82.95	82.47	85.12	84.96	84.65	83.81
40	85.23	84.28	83.29	82.39	83.05	84.87	84.52	84.17	83.19
44	85.70	84.57	83.02	82.86	84.12	84.46	84.15	83.61	82.63
48	85.59	84.42	82.78	83.37	84.80	84.15	83.76	83.22	82.19
52	85.48	84.18	83.14	83.76	85.28	83.78	83.54	82.85	81.85
56	85.66	83.97	83.49	84.18	85.59	83.59	83.39	82.49	81.69
60	85.67	84.15	83.81	84.55	85.88	83.45	83.25	82.31	81.34
64	85.74	84.27	84.10	84.91		83.28	83.04	82.19	81.06
68	85.88	84.45	84.39	85.29		83.17	82.85	81.96	
72	85.71	84.59	84.68			82.93	82.79	81.68	
76	85.83	84.76	85.18			82.71	82.54		
80	86.01	84.91				82.63			
84	86.10	85.04							
88	86.25								
92	86.54								
96	86.39								
100	86.65								
104	86.78								
108	86.59								
112	86.67								
116	86.71								
120	86.54								
124	86.59								
128	86.47								
132	86.53								
136	86.61								
140	86.59								
144	86.52								

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Aynı ıslatma suyu sıcaklıklarında uygulanan ultrason süresindeki artış, acılığı giderilmiş tohumlarda birbirine yakın *L** değerleri ile sonuçlanmıştır. 25°C'de her 4 saatte bir 10 dk ultrason uygulanarak acılığı giderilmiş örneklerin *L** değeri 85.04, 25 dk ultrason uygulanan (her 4 saatte bir) örneklerin *L** değeri 85.88, 65°C'deki örneklerin aynı değerleri ise sırasıyla 82.63 ve 81.06 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Ertaş ve Bilgiçli (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, iki farklı ıslatma suyu sıcaklığı (25 ve 55°C) kullanılarak lüpen örneklerinin acılığı giderilmiş; ham lüpenin *L** değeri 90.4, kaynatılmış lüpenin *L** değeri 88.0, 25 ve 55°C'de acılığı giderilmiş lüpenlerin *L** değerleri ise sırasıyla 60.1 ve 58.4 olarak bulunmuştur.

Altın çilek suyuna farklı sürelerde (0, 10, 20 ve 40 dk) ultrason uygulanan bir çalışmada, uygulama süresindeki artışın örneklerin *L** değeri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etki göstermediği belirtilmiştir (Ordonez-Santos ve ark., 2017).

Acılık giderme yöntemleri *a** değerleri açısından karşılaştırıldığında, yüksek sıcaklıkta ultrason uygulanarak acılığı giderilen lüpen tohumlarının, diğer yöntemlerden daha yüksek *a** değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. En kısa acılık giderme süresine sahip yöntem (25°C - 25 dk - 60 saat) kullanılarak elde edilen acılığı giderilmiş lüpenlerin *a** değeri -1.71, geleneksel yöntemle acılığı giderilen (144 saat) örneklerin *a** değeri ise -1.90 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Pingret ve ark. (2013), ultrason uygulaması ile; antosiyaninler, karotenoidler, askorbik asit ve fenolikler gibi antioksidanlar ya da pigmentlerin de dahil olduğu bileşiklerin parçalanmasının/kaybının, kavitasyonla oluşan OH^- radikallerinin neden olduğu oksidasyona ve piroliz reaksiyonlarının mekanizmasına bağlı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Vercet ve ark. (2001), ultrason uygulamasının hem floresan bileşikler hem de kahverengi pigmentlerin oluşumuna yol açabilecek farklı reaksiyonları teşvik edebileceğini bildirmişler, H. Yu ve ark. (2020) da ultrason etkisiyle oluşan Maillard reaksiyonunun, işlenmiş gıdalarda istenmeyen sarımsı/kahverengi renklere sebep olabileceğini raporlamışlardır.

65°C'de farklı ultrason süreleri uygulanarak acılığı giderilen lüpen tohumlarının *a** değerleri (-1.42)-(-1.29) arasında, 25°C'de farklı ultrason sürelerinde acılığı giderilen tohumların *a** değerleri ise (-2.25)-(-1.71) arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.3). Yüksek sıcaklık uygulanan örneklerde *L** değerindeki azalma ve *a** değerindeki artışın daha fazla olması, esmerleşme reaksiyonları ile açıklanabilmektedir (Tekin ve ark., 2016). Yüksek sıcaklık ve oksijenin varlığı, doğal renk bileşenlerinin hızlı bir şekilde parçalanmasında önemli etkilere sahiptir (Maskan, 2001).

Çizelge 4.3. Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri ile elde edilen lüpen örneklerine ait *a** değerleri[1]

Islatma süresi (saat)	Acılık giderme yöntemi								
	Geleneksel	Ultrason - 25°C				Ultrason - 65°C			
		10 dk	15 dk	20 dk	25 dk	10 dk	15 dk	20 dk	25 dk
0 (Ham)	-2.30	-	-	-	-	-	-	-	-
1.25 (Kaynatma)	-3.35	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-3.61	-3.40	-3.27	-3.39	-3.46	-3.40	-3.14	-3.41	-3.23
8	-3.17	-3.35	-3.15	-3.17	-3.14	-3.41	-2.99	-3.37	-3.12
12	-3.22	-3.11	-3.01	-2.96	-2.88	-2.70	-2.75	-3.30	-2.89
16	-3.13	-3.06	-2.92	-2.75	-2.87	-2.44	-2.64	-3.22	-2.77
20	-2.80	-2.83	-2.77	-2.68	-2.80	-2.37	-2.71	-2.81	-2.55
24	-2.68	-2.56	-2.61	-2.55	-2.71	-2.23	-2.60	-2.64	-2.35
28	-2.51	-2.36	-2.53	-2.49	-2.83	-2.15	-2.53	-2.45	-2.22
32	-2.64	-2.31	-2.38	-2.40	-2.75	-2.21	-2.32	-2.38	-2.43
36	-2.57	-2.27	-2.45	-2.36	-2.84	-2.18	-2.18	-2.21	-2.31
40	-2.45	-2.19	-2.26	-2.24	-2.54	-2.07	-2.23	-2.10	-2.27
44	-2.41	-2.15	-2.18	-2.15	-2.41	-2.13	-2.14	-1.97	-2.16
48	-2.53	-2.21	-2.14	-2.18	-2.25	-2.10	-2.05	-1.86	-1.78
52	-2.47	-2.14	-2.20	-2.08	-2.04	-1.86	-1.93	-1.69	-1.56
56	-2.39	-2.34	-2.38	-2.01	-1.92	-1.82	-1.88	-1.54	-1.41
60	-2.24	-2.41	-2.43	-1.95	-1.71	-1.79	-1.76	-1.61	-1.51
64	-2.29	-2.45	-2.30	-1.93		-1.71	-1.62	-1.49	-1.29
68	-2.34	-2.56	-2.18	-1.88		-1.44	-1.49	-1.43	
72	-2.42	-2.47	-2.23			-1.35	-1.53	-1.38	
76	-2.35	-2.36	-2.07			-1.34	-1.42		
80	-2.27	-2.21				-1.38			
84	-2.19	-2.25							
88	-2.28								
92	-2.33								
96	-2.20								
100	-2.08								
104	-2.18								
108	-2.45								
112	-2.36								
116	-2.26								
120	-2.23								
124	-2.14								
128	-2.11								
132	-2.05								
136	-1.94								
140	-1.96								
144	-1.90								

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Ultrason uygulama süresinin 10 dk'dan 25 dk'ya yükselmesi, her iki uygulama sıcaklığında da, örneklerin a^* değerinin artmasına neden olmuştur (Çizelge 4.3). Süre artışıyla birlikte a^* değerindeki artış üzerinde, Maillard reaksiyonu ile oluşabilen kahverengi pigmentlerin etkili olabileceği düşünülmektedir (Vercet ve ark., 2001).

Ertaş (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, 40°C'de ultrason uygulanmış tanelerin (fasulye, nohut, soya, buğday ve mısır) a^* değerleri, 25°C'de ultrason uygulanmış olanlardan daha yüksek bulunmuştur.

Kinoa ununa farklı sürelerde ultrason uygulamasının, renk parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; ultrason uygulanmamış kontrol örneğinin a^* değeri 5.9, 9.6 saat ultrason uygulanmış örneğin a^* değeri ise 7.1 olarak belirlenmiştir. Örneklerin a^* değerindeki bu artış, ultrasonun Maillard reaksiyonuna sebep olabilmesi ile ilişkilendirilmiştir (Zhu ve Li, 2019). Literatürde bulunan proteince zengin gıdalar üzerine yapılan çalışmalarda da, ultrason uygulamasının esmerleşme ürünlerinin de dahil olduğu Maillard reaksiyonu ürünlerinin miktarını artırdığı raporlanmıştır (Z. Wang ve ark., 2016; Zhao ve ark., 2016; Yang ve ark., 2020).

Acılığı giderilmiş lüpen tohumları b^* değerleri açısından değerlendirildiğinde, 25°C'de her 4 saatte bir ultrason uygulanarak acılığı giderilen örneklerin en yüksek değerlere sahip olduğu ve bunları geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpenlerin takip ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Kaynatma işlemi ile birlikte lüpenlerin b^* değeri dikkat çekici bir artış göstermiş, bu artışın proteinlerin jelleşmesi ve denatürasyonu ile kırmızı pigmentlerin parçalanarak sarı renge dönüşmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür (Yıldırım ve Öner, 2015). Acılık giderme işleminin ilk aşamalarında b^* değerindeki artışın devam etmesi, ancak zamanla azalması ise kütle transferi (Han ve Baik, 2006) ve sarımsı pigmentlerin parçalanması ile ilişkilendirilmiştir (Yıldırım ve Öner, 2015).

Yüksek sıcaklıkta ultrason uygulaması ile gerçekleştirilen acılık giderme işlemi, düşük sıcaklıkta ultrason uygulamasına göre örneklerin b^* değerinin daha düşük olması ile sonuçlanmıştır (Çizelge 4.4). Bu durum, ısıya duyarlı yeşil ve sarımsı pigmentlerin daha fazla parçalanması ile ilişkili olabilir (Tekin ve ark., 2016).

Ultrason uygulamalı acılık giderme yönteminde kullanılan aynı sıcaklıktaki ultrason uygulama süreleri karşılaştırıldığında, acılık giderme işleminin sonunda lüpen örneklerinin genel olarak birbirine yakın b^* değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Ultrasonun gıdaların renkleri üzerindeki etkilerinin, gıdanın yapısal özelliklerine ve ultrason koşullarına bağlı olduğu belirtilmektedir (Bi ve ark., 2015).

Çizelge 4.4. Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri ile elde edilen lüpen örneklerine ait *b** değerleri[1]

Islatma süresi (saat)	Acılık giderme yöntemi								
	Geleneksel	Ultrason - 25°C				Ultrason - 65°C			
		10 dk	15 dk	20 dk	25 dk	10 dk	15 dk	20 dk	25 dk
0 (Ham)	30.25	-	-	-	-	-	-	-	-
1.25 (Kaynatma)	37.66	-	-	-	-	-	-	-	-
4	37.81	38.07	38.98	38.87	38.80	38.81	39.07	39.79	39.39
8	38.04	39.17	38.52	38.96	39.22	39.19	39.88	39.96	40.91
12	38.60	38.94	38.36	39.11	38.41	40.25	40.35	40.25	41.09
16	38.24	39.56	39.41	39.58	39.67	40.30	41.18	40.53	40.86
20	38.56	39.71	39.68	40.19	40.08	40.53	40.56	41.12	41.44
24	39.14	40.44	40.37	40.39	40.63	40.89	40.45	40.92	39.91
28	40.02	40.15	40.21	40.55	40.21	40.36	39.51	40.68	39.56
32	39.25	40.61	39.52	40.09	39.51	39.81	39.28	39.75	38.12
36	39.49	39.74	39.18	40.21	39.75	38.59	38.54	39.57	36.25
40	40.28	39.52	39.36	39.08	38.53	38.64	37.68	38.81	35.56
44	39.51	38.19	38.24	38.51	37.94	37.12	38.69	38.24	36.18
48	39.64	38.51	37.52	37.74	37.19	36.88	37.21	36.57	35.24
52	38.75	39.28	37.69	37.18	36.21	37.01	36.54	35.88	34.41
56	38.51	38.21	38.07	36.55	35.04	36.13	35.67	36.14	32.17
60	37.40	37.48	37.18	35.79	34.39	35.42	34.08	34.29	31.29
64	36.29	37.69	36.46	35.22		34.71	34.61	32.17	30.12
68	37.18	36.53	36.18	34.81		33.54	33.28	31.55	
72	37.07	37.24	35.29			33.18	32.73	30.86	
76	36.58	36.17	35.67			32.25	31.65		
80	36.89	35.52				31.87			
84	36.21	35.94							
88	35.19								
92	35.54								
96	34.49								
100	35.26								
104	34.87								
108	35.39								
112	34.97								
116	33.62								
120	33.75								
124	33.40								
128	32.59								
132	32.85								
136	33.17								
140	32.62								
144	32.15								

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Chittapalo ve Noomhorm (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, yağı alınmış pirinç kepeğinden protein konsantratı elde etmek için hem geleneksel yöntem hem de ultrason destekli alkali ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Geleneksel yöntem kullanılarak elde edilen protein konsantratının b^* değeri 7.42 olarak bulunurken, oda sıcaklığında ultrason uygulanarak elde edilmiş örneklerin b^* değeri 10.70 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, kanola protein izolatına 0, 15 ve 30 dk ultrason uygulanmış, örneklerin L^* değerleri sırasıyla 51.27, 49.55 ve 49.03, a^* değerleri sırasıyla 3.38, 3.61 ve 3.58, b^* değerleri ise sırasıyla 15.17, 14.64 ve 14.25 olarak bulunmuştur (Flores-Jimenez ve ark., 2019). Valero ve ark. (2007) ise, ultrason uygulamasının portakal suyunun renk parametreleri (L^*, a^* ve b^*) üzerinde herhangi bir etki göstermediğini bildirmişlerdir.

Acılık giderme yöntemleri ΔE değeri açısından karşılaştırıldığında; geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpenin ΔE değerinin diğer yöntemlere göre daha düşük olduğu, yani ham (acı) lüpen ile geleneksel olarak acılığı giderilmiş lüpenler arasındaki renk farklılığının daha az olduğu görülmüştür. Ultrasonla acılığı giderilmiş lüpenlerin ΔE değerlerinin ise, kaynatma sonrası elde edilen örneklerin ΔE değerine yakın olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Francis ve Clydesdale (1975); $\Delta E < 1$ olması durumunda renk farkının insan gözüyle algılanamayacağını, $1 < \Delta E < 3$ olması durumunda renk tonuna bağlı olarak insan gözü tarafından algılanabilecek küçük bir renk farkının olduğunu, $\Delta E > 3$ olması durumunda ise renk farkının belirgin bir şekilde insan gözü tarafından algılanabileceğini bildirmişlerdir.

25°C'de acılığı giderilmiş örneklerin ΔE değerleri 4.67 ve 6.40 arasında, 65°C'de acılığı giderilmiş örneklerin ΔE değerleri ise 5.65 ve 6.97 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.5). Renkteki bu farklılıkların kavitasyon sonucu oluşan serbest radikaller ve çeşitli kimyasal bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bermudez-Aguirre ve ark., 2011).

Düşük sıcaklıkta uygulanan ultrason süresi 10 dk'dan 25 dk'ya yükseldiğinde acılığı giderilmiş lüpenlerin ΔE değerinin azaldığı, yüksek sıcaklıkta ise kısmen arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu durum, ultrason uygulaması ile lüpenden suda çözünür bazı renkli bileşenlerin salınımının yüksek sıcaklıkta daha fazla olması (Ghazali ve Cheng, 1991) ve kavitasyon sebebiyle meydana gelen çeşitli sonokimyasal reaksiyonların pigmentlerin parçalanmasına neden olması ile ilişkili olabilir (Rojas ve ark., 2016).

Çizelge 4.5. Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri ile elde edilen lüpen örneklerine ait toplam renk farkı (ΔE) değerleri[1]

Islatma süresi (saat)	Acılık giderme yöntemi								
	Geleneksel	Ultrason - 25°C				Ultrason - 65°C			
		10 dk	15 dk	20 dk	25 dk	10 dk	15 dk	20 dk	25 dk
0 (Ham)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.25 (Kaynatma)	7.69	-	-	-	-	-	-	-	-
4	7.99	8.40	9.05	8.88	8.79	9.01	9.10	9.73	9.27
8	8.13	9.32	8.50	8.92	9.13	9.28	9.78	9.88	10.74
12	8.67	9.03	8.30	9.02	8.29	10.21	10.22	10.14	10.88
16	8.31	9.53	9.30	9.44	9.51	10.22	11.01	10.38	10.63
20	8.67	9.68	9.59	10.11	10.05	10.46	10.43	10.97	11.24
24	9.26	10.49	10.36	10.42	10.76	10.84	10.35	10.84	9.79
28	10.13	10.38	10.42	10.89	10.51	10.39	9.51	10.71	9.65
32	9.35	11.00	10.04	10.88	10.32	9.92	9.37	9.93	8.56
36	9.56	10.27	9.86	11.15	10.99	8.81	8.82	9.89	7.30
40	10.40	9.98	10.24	10.44	9.63	8.95	8.19	9.37	7.14
44	9.53	8.64	9.40	9.71	8.60	7.71	9.26	9.11	7.97
48	9.69	8.99	8.93	8.79	7.63	7.65	8.13	7.91	7.65
52	8.86	9.79	8.87	8.11	6.54	7.96	7.70	7.63	7.43
56	8.58	8.91	9.01	7.35	5.36	7.34	7.10	8.08	6.62
60	7.51	8.17	8.08	6.52	4.67	6.88	6.10	6.98	6.75
64	6.44	8.31	7.31	5.84		6.49	6.61	6.14	6.97
68	7.24	7.20	6.92	5.30		5.87	6.00	6.20	
72	7.18	7.76	6.02			5.90	5.79	6.38	
76	6.68	6.73	6.10			5.70	5.67		
80	6.92	6.09				5.65			
84	6.25	6.40							
88	5.23								
92	5.48								
96	4.52								
100	5.18								
104	4.77								
108	5.32								
112	4.89								
116	3.60								
120	3.78								
124	3.44								
128	2.78								
132	2.98								
136	3.24								
140	2.76								
144	2.42								

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Ultrason uygulamasının siyah mercimek üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrason uygulama süresinin artması ile ΔE değerinin de arttığı belirtilmiştir. Renkteki değişikliğin, uzun ıslatma süresinin neden olduğu hızlı hidrasyon etkisinden kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir (Sunil ve ark., 2018).

Aspir protein izolatına farklı sürelerde (0, 15 ve 30 dk) ultrason uygulanan bir çalışmada, ultrason uygulama süresinin örneklerin *L**, *a**, *b** ve ΔE değerleri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir (Zuniga-Salcedo ve ark., 2019).

4.1.3. Toplam karotenoid miktarı

Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri kullanılarak acılığı giderilmiş lüpen örneklerine ait toplam karotenoid miktarları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Karotenoidler; bitkiler, algler ve fotosentetik bakteriler tarafından metabolize edilen, çeşitli meyve ve sebzelerdeki sarı, turuncu ve kırmızı renklerden sorumlu olan doğal pigmentlerdir (Namitha ve Negi, 2010). Karotenoidler, iki fonksiyonel grupta sınıflandırılabilir. Bunlar; lutein ve zeaksantinin dahil olduğu ve fonksiyonel grup olarak oksijen içeren ksantofiller ile α-karoten, β-karoten ve likopen gibi herhangi bir fonksiyonel grup bulundurmayan, sadece ana hidrokarbon zinciri içeren karotenlerdir (Britton, 2008). Karotenoidlerin esas kaynağı olan meyve ve sebzeler, A vitamini aktivitesi sebebiyle diyette önemli bir rol oynar (Haskell, 2013). Karotenoidler aynı zamanda; antioksidan aktivite, hücreler arası iletişim ve bağışıklık sistemi açısından da önem arz etmektedir (Skibsted, 2012; Stephensen, 2013). Karotenoid eksikliğinin; göz kuruluğu, gece körlüğü, kornea erimesi, kornea ülseri ve sonuçta ortaya çıkan geri döndürülemez körlük dahil olmak üzere konjunktiva ve kornea aberasyonlarının klinik belirtilerine sebep olabileceği belirtilmektedir (Sommer, 2008).

Ham lüpen örneğinde 5.84 µg/g olarak tespit edilen toplam karotenoid miktarı, kaynatma işlemi sonucunda 5.54 µg/g'a düşmüş, geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş (144 saat) lüpenlerde 4.41 µg/g, en kısa sürede acılık giderme işlemini sağlayan ultrason uygulamasıyla (25°C - 25 dk - 60 saat) elde edilen lüpenlerde ise 4.62 µg/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Geleneksel ve ultrason uygulamalı acılık giderme yöntemleri ile elde edilen lüpen örneklerine ait toplam karotenoid (μg/g) miktarları[1]

Islatma süresi (saat)	Acılık giderme yöntemi								
	Geleneksel	Ultrason - 25°C				Ultrason - 65°C			
		10 dk	15 dk	20 dk	25 dk	10 dk	15 dk	20 dk	25 dk
0 (Ham)	5.84	-	-	-	-	-	-	-	-
1.25 (Kaynatma)	5.54	-	-	-	-	-	-	-	-
4	5.48	5.47	5.45	5.48	5.43	5.35	5.32	5.24	5.15
8	5.43	5.45	5.41	5.38	5.36	5.41	5.36	5.36	5.28
12	5.39	5.38	5.37	5.29	5.20	5.36	5.18	5.27	5.13
16	5.41	5.31	5.28	5.27	5.32	5.30	5.25	5.21	5.01
20	5.40	5.36	5.34	5.18	5.19	5.21	5.01	5.14	4.95
24	5.36	5.21	5.23	5.22	5.12	5.28	5.13	4.97	5.04
28	5.37	5.26	5.17	5.13	4.96	5.17	4.98	5.02	4.84
32	5.31	5.23	5.21	5.08	5.01	5.10	5.02	4.92	4.70
36	5.27	5.08	5.12	5.04	4.94	5.03	4.87	4.86	4.62
40	5.22	5.19	5.08	4.98	4.85	5.08	4.83	4.75	4.69
44	5.17	5.12	5.10	4.87	4.77	4.91	4.76	4.63	4.54
48	5.12	5.14	5.01	4.90	4.82	5.00	4.68	4.69	4.58
52	5.20	5.01	4.99	4.82	4.64	4.92	4.70	4.57	4.45
56	5.14	4.93	4.95	4.74	4.59	4.83	4.61	4.60	4.38
60	5.08	4.86	4.86	4.65	4.62	4.70	4.53	4.55	4.30
64	4.93	4.77	4.90	4.77		4.82	4.58	4.49	4.19
68	5.00	4.83	4.86	4.71		4.76	4.51	4.35	
72	4.92	4.71	4.81			4.72	4.47	4.28	
76	4.85	4.89	4.79			4.61	4.44		
80	4.88	4.79				4.63			
84	4.82	4.85							
88	4.75								
92	4.69								
96	4.79								
100	4.75								
104	4.70								
108	4.67								
112	4.58								
116	4.61								
120	4.56								
124	4.49								
128	4.50								
132	4.48								
136	4.48								
140	4.45								
144	4.41								

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Acılığı giderilmiş lüpen örneklerinin ham lüpenden daha düşük miktarda toplam karotenoid içeriğine sahip olmasının, pişirme ve ıslatma prosesleri esnasında kütle transferi sebebiyle pigmentlerin tohumdan suya geçmesi ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir (Yıldırım ve Öner, 2015). Geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında, ultrason uygulanan örneklerin daha kısa süre ıslatma prosesine tabi tutulmasına rağmen, her iki yöntemle de acılığı giderilmiş örneklerin birbirine yakın karotenoid içeriğine sahip olmaları, ultrasonun kavitasyon etkisi sonucu oluşan mikrojetler ve kesme kuvvetleri ile hücrelerin parçalanması sonucu kütle transferini hızlandırmasından kaynaklanmış olabilir (Abid ve ark., 2014). Bununla birlikte, literatürde ultrason uygulaması ile oluşan serbest radikallerin varlığı nedeniyle gerçekleşen karotenoidlerin izomerizasyon reaksiyonlarının da karotenoid miktarının azalmasında etken olabileceği belirtilmektedir (Bhat ve ark., 2011; Santhirasegaram ve ark., 2013).

Aynı ultrason uygulama sürelerinde kullanılan ıslatma suyu sıcaklıkları karşılaştırıldığında, 65°C'de acılığı giderilmiş örneklerin toplam karotenoid miktarlarının, 25°C'de acılığı giderilmiş olanlardan daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6). Tekin ve ark. (2016), ısıl işlemin daha fazla pigment kaybına sebep olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, karotenoid ekstraksiyonunda ultrasonun etkisinin araştırıldığı birçok çalışmada, çözücünün ısıtılması ile ekstraksiyon veriminin arttığı, yani sıvıya daha fazla çözünen madde geçtiği raporlanmıştır (Yan ve ark., 2015; Jaeschke ve ark., 2017; Saini ve Keum, 2018). Bu sonuçlar, 65°C'de yapılan acılık giderme işleminde, lüpenden çözücüye daha fazla karotenoid ekstraksiyonunun gerçekleştiğini ve aynı zamanda uygulanan sıcaklığın karotenoidlerin parçalanmasına sebep olabileceğini açıklamaktadır.

Ultrason uygulama süresinin 10 dk'dan 25 dk'ya yükselmesi ile 25°C'deki örneklerin toplam karotenoid miktarı 4.85 µg/g'dan 4.62 µg/g'a, 65°C'deki örneklerin toplam karotenoid miktarı ise 4.63 µg/g'dan 4.19 µg/g'a düşmüştür (Çizelge 4.6). Ultrason uygulama süresindeki artışın, hızlanan kütle transferi ile tohumdan ıslatma suyuna taşınan pigment miktarını artırdığı ve bunun da uzun süre ultrason uygulamasına tabi tutulan örneklerde daha düşük toplam karotenoid miktarı ile sonuçlandığı düşünülmektedir (Aadil ve ark., 2015).

Rojas ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, kurutma işlemi öncesinde balkabağına hem ultrason kullanılarak hem de kullanmadan ön muamelede bulunulmuş, her iki işlem sonucunda da elde edilen örneklerin toplam karotenoid miktarlarının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Mısırdan karotenoid ekstraksiyonunda geleneksel yöntemle ultrason destekli ekstraksiyon yöntemini karşılaştıran Ye ve ark. (2011), ultrason yardımı ile çözünen karotenoidlerin kütle transfer hızının, ultrason kullanılmayan geleneksel yönteme göre çok daha hızlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Stojanovic ve Silva (2007), ultrason uygulamasının yaban mersininde bulunan pigment (antosiyanin) miktarını olumsuz etkilediğini, bu durumun ultrasonik kavitasyonun meyvelerin yüzeyine zarar vermesi nedeniyle daha fazla sızıntı ve pigment kaybı gerçekleşmesi ile oksidasyon sonucu pigmentlerin parçalanmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Altın çilek püresine 64°C'de 10 dk ultrason uygulanan bir çalışmada, işlem görmemiş örneklerle karşılaştırıldığında, ultrason uygulamasının daha fazla β-karoten izomeri oluşumuna neden olduğu tespit edilmiştir. Karotenoid izomerizasyonundaki artıştan, kavitasyon nedeniyle oluşan mekanik kuvvetler ve yüksek basıncın sorumlu olabileceği ifade edilmiştir (Etzbach ve ark., 2019).

Ultrason uygulamasının tatlı patatesin karotenoid içeriğine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrason uygulama süresinin artması ile örneklerin karotenoid içeriğinin azaldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, ultrasonun ürettiği mikro baloncukların tatlı patates yüzeyine etki etmesi ve oksijen varlığında karotenoidlerin parçalanması ile ilişkilendirilmiştir (Oladejo ve ark., 2017).

Nowacka ve Wedzik (2016) tarafından yapılan çalışmada, havuç örneklerine farklı sürelerde (0, 10, 20 ve 30 dk) ultrason uygulanmış, ultrason uygulamasının 10 dk'dan 30 dk'ya yükselmesi ile örneklerin toplam karotenoid içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.

Literatürde ultrason destekli ekstraksiyonun farklı gıdalar üzerine etkilerinin araştırıldığı birçok çalışmada da, ultrason uygulama süresinin artması ile karotenoid ekstraksiyonunun arttığı tespit edilmiştir (Luengo ve ark., 2014; Tsiaka ve ark., 2015; Goula ve ark., 2017). Bu çalışmalardan birisi Li ve ark. (2013) tarafından yapılmış, taze havuçtan karotenoid ekstraksiyonunda ultrason kullanımının; maliyet, zaman, enerji ve verim üzerinde avantaj sağladığı, ultrason uygulama süresinin 5 dk'dan 20 dk'ya yükselmesi ile ekstrakte edilen karotenoid miktarının da 191.22 mg/l'den 247.71 mg/l'ye yükseldiği raporlanmıştır. Civan ve Kumcuoğlu (2019), ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi kullanarak biber salçası tozundan karotenoid ekstrakte etmiş, 40°C'de ve %60 genlikte uygulanan ultrason süresi 5 dk'dan 20 dk'ya yükseldiğinde ekstraktın toplam

karotenoid miktarı da artış göstermiştir. Bu veriler, ultrason destekli ekstraksiyon ile çözünen karotenoidlerin daha hızlı bir şekilde çözücüye geçtiğini doğrulamaktadır.

4.2. Stabilizasyon ve Depolama Süresince Yapılan Analiz Sonuçları

Farklı yöntemlerle acılığı giderilmiş olan lüpen tohumlarında en etkili acılık giderme yöntemi olarak belirlenen 25°C'de her 4 saatte bir 25 dk ultrason uygulanan yöntem (60 saat) ile geleneksel acılık giderme yöntemi (144 saat) kullanılarak acılığı giderilmiş lüpenler, öğütülerek un haline getirilmiş ve bir sonraki aşama olan stabilizasyon ve depolama stabilitesi çalışmalarında kullanılmıştır. Stabilizasyon işlemi, kuru kavurma ve mikrodalga yöntemleri ile ayrı ayrı gerçekleştirilmiş, stabilize edilmiş unlar ile ham unlar kraft ve vakum ambalajlarda ayrı ayrı paketlenmiş ve 6 ay süreyle depolanmıştır. Depolama süresince yapılan analizlere ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

4.2.1. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının renk değerleri

Farklı yöntemlerle acılığı giderilmiş, stabilize edilmiş ve kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarına ait renk değerleri Çizelge 4.7'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8'de ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Örneklerin L^* değerleri 81.47 ve 86.77 arasında değişiklik göstermiş, ortalama L^* değeri ise 84.50 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). Varyans analizi sonuçlarına göre L^* değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, stabilizasyon yöntemi ve depolama süresi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* ve "*lüpen unu çeşidi x depolama süresi"* interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde, *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* ve *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonlarının ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, UALU örneklerinin L^* değerinin GALU örneklerinden daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9). Daha önce belirtildiği gibi, ultrason uygulamalı acılık giderme yönteminde uygulanan ultrasonun kavitasyon etkisi ile kütle transferini hızlandırması, serbest radikallerin oluşumuna ve çeşitli esmerleşme reaksiyonlarının gerçekleşmesine neden olmasının UALU örneklerinin L^* değeri üzerinde etkili olduğu tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.7. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının depolama süresince belirlenen renk ve serbest asitlik değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Stabilizasyon yöntemi	Depolama süresi (ay)	*L**	*a**	*b**	ΔE	Serbest asitlik[2] (%)
GALU[3]	Ham	0	86.77±0.20	-1.94±0.37	32.46±0.41	-	0.006±0.01
		2	86.42±0.34	-1.74±0.28	31.71±0.35	0.85±0.28	0.007±0.01
		4	86.40±0.40	-1.59±0.34	30.74±0.74	1.80±0.27	0.008±0.01
		6	86.17±0.44	-1.27±0.31	28.49±0.54	4.08±0.38	0.010±0.01
	Kuru kavurma	0	84.32±0.54	-0.32±0.51	31.04±0.58	3.26±0.40	0.007±0.00
		2	84.53±0.51	-0.16±0.54	31.32±0.52	3.08±0.44	0.007±0.01
		4	84.33±0.49	-0.21±0.47	31.32±0.66	3.20±0.35	0.008±0.00
		6	84.64±0.69	-0.06±0.42	30.48±0.64	3.47±0.40	0.008±0.00
	Mikrodalga	0	84.47±0.65	-1.17±0.37	33.09±0.69	2.51±0.33	0.007±0.01
		2	84.62±0.58	-1.05±0.48	31.62±0.58	2.48±0.38	0.010±0.01
		4	84.17±0.54	-1.02±0.35	31.60±0.51	2.89±0.44	0.011±0.01
		6	84.18±0.38	-0.95±0.45	30.48±0.65	3.41±0.30	0.012±0.00
UALU[4]	Ham	0	86.10±0.27	-1.79±0.40	34.03±0.51	-	0.005±0.01
		2	83.29±0.55	-1.17±0.40	33.46±0.49	2.94±0.27	0.041±0.02
		4	84.30±0.64	-0.78±0.49	31.47±0.64	3.29±0.34	0.045±0.01
		6	83.27±0.52	-1.25±0.44	25.86±0.71	8.67±0.37	0.051±0.02
	Kuru kavurma	0	84.05±0.66	-0.87±0.89	33.48±0.51	2.31±0.34	0.005±0.01
		2	84.43±0.44	-1.48±0.51	33.27±0.59	1.86±0.49	0.008±0.00
		4	84.72±0.72	-1.14±0.45	32.57±0.55	2.11±0.34	0.010±0.01
		6	81.59±0.65	-1.07±0.54	25.52±0.48	9.66±0.44	0.013±0.01
	Mikrodalga	0	84.62±0.51	-1.39±0.35	35.38±0.49	2.04±0.35	0.005±0.00
		2	84.42±0.38	-1.51±0.38	33.74±0.65	1.73±0.25	0.012±0.02
		4	84.75±0.42	-1.27±0.40	32.83±0.52	1.88±0.54	0.016±0.02
		6	81.47±0.45	-1.12±0.44	25.85±0.48	9.42±0.66	0.020±0.01
Minimum-maksimum			81.47-86.77	(-1.94)-(-0.06)	25.52-35.38	0.85-9.66	0.005-0.051
Ortalama±std			84.50±1.34	-1.10±0.60	31.33±2.60	3.50±2.45	0.014±0.02

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Sülfürik asit cinsinden. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.8. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının depolama süresince belirlenen renk ve serbest asitlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**		Serbest asitlik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	16.357	61.405**	0.941	4.528*	0.806	2.477ns	0.001	10.967**
Stabilizasyon yöntemi (B)	2	8.443	31.694**	2.512	12.089**	3.018	9.277**	0.001	6.028**
Depolama süresi (C)	3	5.183	19.456**	0.239	1.153ns	71.491	219.741**	0.000	3.023*
AxB	2	3.243	12.176**	1.796	8.643**	0.034	0.106ns	0.001	6.709**
AxC	3	4.399	16.515**	0.057	0.272ns	25.642	78.815**	0.000	1.749ns
BxC	6	0.907	3.406*	0.120	0.577ns	1.170	3.595*	0.000	0.742ns
AxBxC	6	0.718	2.694*	0.097	0.468ns	0.631	1.939ns	0.000	0.692ns
Hata	24	0.266		0.208		0.325		0.000	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.9. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının depolama süresince belirlenen renk ve serbest asitlik değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**	Serbest asitlik[2] (%)
Lüpen unu çeşidi					
GALU[3]	24	85.08±1.02[a]	-0.96±0.64[a]	31.19±1.14[a]	0.008±0.00[b]
UALU[4]	24	83.92±1.33[b]	-1.23±0.28[b]	31.45±3.56[a]	0.019±0.02[a]
Stabilizasyon yöntemi					
Ham	16	85.34±1.47[a]	-1.44±0.39[b]	31.03±2.70[b]	0.022±0.02[a]
Kuru kavurma	16	84.08±1.03[b]	-0.66±0.54[a]	31.12±2.51[b]	0.008±0.00[b]
Mikrodalga	16	84.08±1.08[b]	-1.18±0.19[b]	31.82±2.84[a]	0.012±0.00[b]
Depolama süresi (ay)					
0	12	85.05±1.11[a]	-1.25±0.60[a]	33.25±1.47[a]	0.006±0.00[b]
2	12	84.62±1.01[a]	-1.18±0.56[a]	32.52±1.08[b]	0.014±0.01[ab]
4	12	84.78±0.83[a]	-1.00±0.47[a]	31.75±0.79[c]	0.016±0.01[a]
6	12	83.55±1.83[b]	-0.95±0.45[a]	27.78±2.35[d]	0.019±0.02[a]

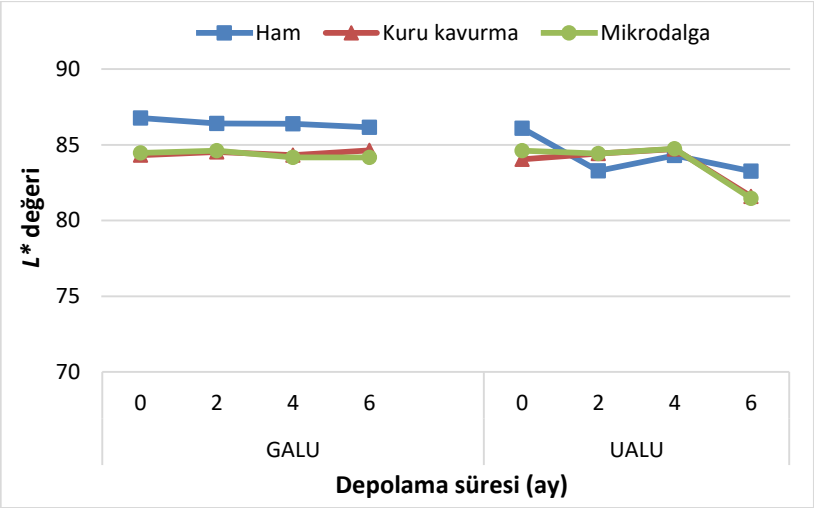
[1]Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Sülfürik asit cinsinden. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Örneklerin *L** değerleri stabilizasyon yöntemi açısından karşılaştırıldığında, ısıl işlem uygulaması ile örneklerin *L** değerlerinin azaldığı tespit edilmiş; ham örneklerin ortalama *L** değeri 85.34, kuru kavurma ve mikrodalga yöntemleri ile stabilize edilmiş örneklerin her ikisinin de ortalama *L** değeri 84.08 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9). Stabilizasyon yöntemlerinin *L** değeri üzerindeki etkisinin, ısıl işlem uygulamasının neden olduğu Maillard ve karamelizasyon reaksiyonları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Abdul-Hamid ve ark., 2007).

Depolama süresi açısından yapılan değerlendirmede, 6. aya kadar örneklerin *L** değerinde önemli ($p>0.05$) bir değişme olmadığı ve 6. ayda *L** değerinin azaldığı bulunmuştur (Çizelge 4.9). Kraft ambalajın oksijen ve su buharı geçirgenliğinin bu sonuçlar üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir (Fernandez-Lopez ve ark., 2009).

Kraft ambalajla paketlenmiş örneklerin *L** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Her iki lüpen unu çeşidinde de, kuru kavurma ve mikrodalga stabilizasyon yöntemleri ile elde edilen örneklerin *L** değerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unu örneklerinin *a** değerleri (-1.94) ve (-0.06) arasında değişmiş, ortalama *a** değeri -1.10 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Varyans analizi sonuçlarına göre *a** değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi faktörünün $p<0.05$ düzeyinde, stabilizasyon yöntemi faktörü ile *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonunun ise $p<0.01$ düzeyinde etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.8).



Şekil 4.1. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *L** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu

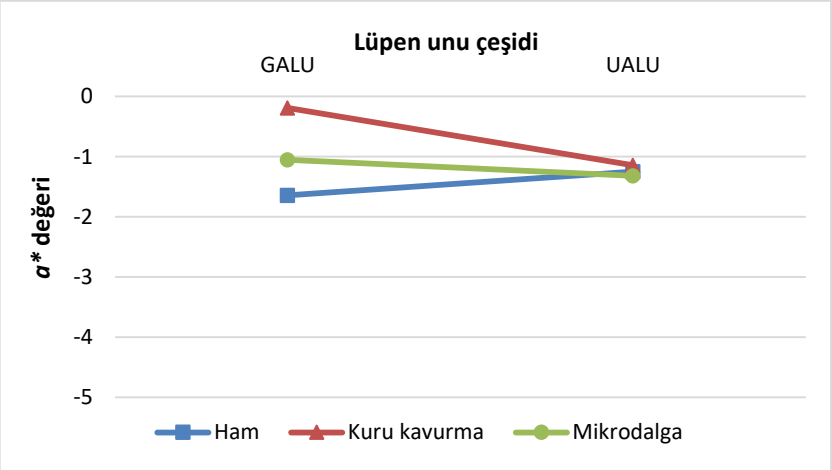
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi olarak GALU kullanılan örneklerin ortalama *a** değerinin (-0.96), UALU örneklerinden (-1.23) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). Isıl işleme tabi tutulmamış ham örneklere ait *a** değerleri (Çizelge 4.7), acılık giderme aşamasında elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.3) ile uyumlu bulunurken, ısıl işlem ile örneklerin *a** değerinde meydana gelen değişimlerin GALU ve UALU örneklerinin ortalama *a** değerlerine yansıdığı düşünülmektedir (Çizelge 4.9).

Örneklerin *a** değerleri stabilizasyon yöntemi açısından karşılaştırıldığında; mikrodalga yöntemi ile stabilize edilmiş örneklerin *a** değeri ham örneklerin *a** değerine yakın bulunmuş, kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş örneklerin ise en yüksek *a** değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Kuru kavurma prosesinde uygulanan süre ve sıcaklığın esmerleşme reaksiyonlarına ve reaksiyon ürünlerinin oluşumuna neden olmasının, kuru kavurma ile stabilize edilen örneklerin daha yüksek *a** değeri göstermesi ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir (Zou ve ark., 2015).

Depolama süresince örneklerin ortalama *a** değerinin (-1.25) ve (-0.95) arasında değiştiği görülmüş, ancak depolama süresinin *a** değeri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Kraft ambalajla paketlenmiş örneklerin *a** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu Şekil 4.2'de gösterilmiştir. GALU örnekleri arasında en yüksek *a** değerinin kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş örnekte olduğu ve bunu mikrodalga ile stabilize edilmiş örneğin takip ettiği, ancak stabilizasyon

yöntemi açısından UALU örneklerinin *a** değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.2. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *a** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu

C.W. Yu ve ark. (2020), ısıl işlem kullanılarak uygulanan stabilizasyon yöntemlerinin pirinç kepeği yağının daha koyu renkte olmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun, ısıl işlemin sebep olduğu Maillard reaksiyonu sonucu bazı ürünlerin oluşumu ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (S.M. Kim ve ark., 2014).

Kavurma prosesinin buğdayın renk değerleri üzerindeki etkilerini, bu çalışmada elde edilen verilere benzer şekilde bulan Venkatesh-Murthy ve ark. (2008), kavurma işlemi ile görülen *L** değerindeki azalma ve *a** değerindeki artışın, esmerleşme reaksiyonlarında üretilen kahverengi pigmentlerden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir (Hofmann, 1998). Kırmızı mercimeği kuru kavurma yöntemi ile stabilize eden Ma ve ark. (2011) tarafından da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unu örneklerinin ortalama *b** değeri 31.33 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). Varyans analizi sonuçlarına göre *b** değeri üzerinde; stabilizasyon yöntemi ve depolama süresi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x depolama süresi"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilirken, *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonunun $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

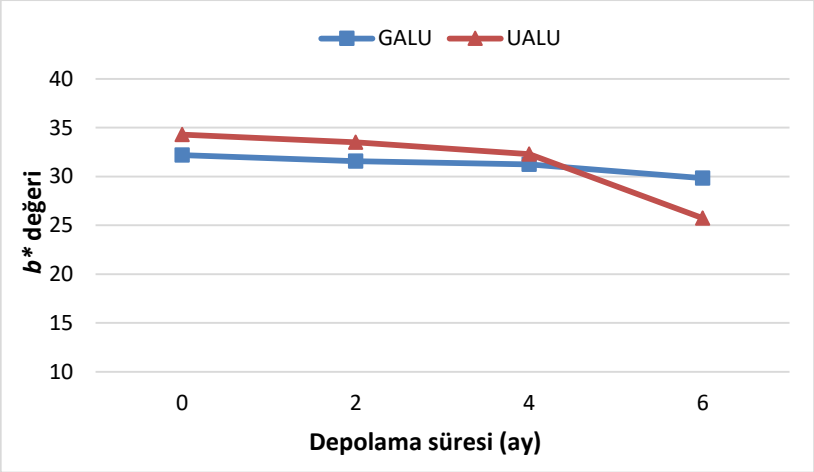
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre GALU örneklerinin ortalama *b** değeri 31.19, UALU örneklerinin ortalama *b** değeri ise 31.45 olarak belirlenmiş,

lüpen unu çeşidinin *b** değeri açısından önemli (p>0.05) olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.9).

Kraft ambalajla paketlenmiş örneklerin *b** değerleri stabilizasyon yöntemi açısından değerlendirildiğinde, ham ve kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş örneklerin ortalama *b** değerlerinin birbirine yakın ve mikrodalga ile stabilize edilmiş örneklerin ortalama *b** değerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, örneklerin *b** değerleri arasındaki sayısal farkın oldukça küçük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9).

Örneklerin ortalama *b** değeri başlangıçta (0. ay) 33.25 olarak belirlenirken, 6. ayda 27.78'e düşmüştür (Çizelge 4.9). Depolama süresince örneklerin *b** değerinde görülen azalmanın, oksidasyonun etkisiyle karotenoidler başta olmak üzere renk pigmentlerinin kaybı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Melendez-Martinez ve ark., 2007).

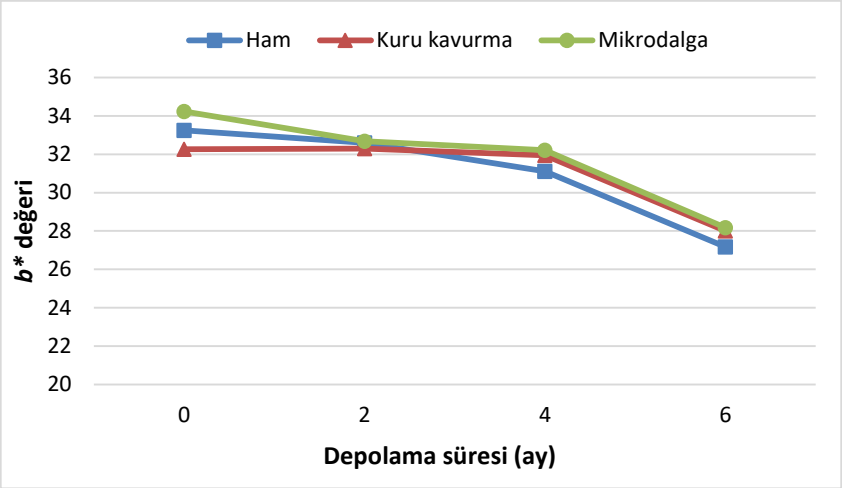
Örneklerin *b** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x depolama süresi"* interaksiyonu Şekil 4.3'te verilmiştir. Depolama süresince GALU örneklerinin *b** değerlerinin birbirine yakın olduğu, UALU örneklerinin *b** değerlerinin ise özellikle 4. aydan sonra belirgin bir düşüş gösterdiği gözlenmektedir.



Şekil 4.3. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *b** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x depolama süresi"* interaksiyonu

Şekil 4.4'te verilen kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *b** değeri üzerinde etkili *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu, stabilize edilmemiş örnekler ile kuru kavurma ve mikrodalga yöntemleri ile stabilize edilmiş örneklerin *b** değerlerinin depolamanın başlangıcında birbirinden farklı olmasına rağmen, sonraki

süreçte birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Depolama süresince tüm örneklerin *b** değerlerinde azalma gerçekleşmiştir.



Şekil 4.4. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *b** değeri üzerinde etkili *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu

*L**, *a** ve *b** parametrelerinin dahil olduğu ΔE, toplam renk gelişimini tanımlamasından dolayı görünür renk üretiminin güvenilir bir ölçümünü sağlamaktadır (Rufian-Henares ve ark., 2009). Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının ΔE değerleri 0.85-9.66 arasında değişmiş ve ortalama ΔE değeri 3.50 olarak bulunmuştur. 0. gün verilerinin hesaplanmamasından dolayı, elde edilen ΔE sonuçlarına varyans analizi ve Duncan testi uygulanmamıştır. Ham sayılar üzerinden tartışma yapılmıştır. Buna göre, stabilizasyon uygulanmayan GALU ve UALU örneklerinde depolama süresi arttıkça ΔE değeri de artmıştır. Mikrodalga ve kuru kavurma uygulamalarında ise, depolamaya bağlı olarak ΔE değerlerinde anlamlı bir değişim belirlenmemiştir (Çizelge 4.7).

Rufian-Henares ve ark. (2009) tarafından, soya fasulyesinin stabilizasyonunda kullanılan kavurma işleminin Maillard reaksiyonunun gelişiminden sorumlu olduğu ve stabilizasyon ile örneklerin *L** değerinde azalma, *a** ve ΔE değerlerinde artış olduğu, *b** değerinde ise bir değişiklik görülmediği belirtilmiştir.

Mikrodalga stabilizasyon yöntemi kullanılarak buğdayın stabilize edildiği bir çalışmada, stabilize edilmemiş tam buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerleri sırasıyla 88.77, 0.11 ve 12.01 olarak bulunurken, mikrodalga ile stabilize edilmiş tam buğday ununun aynı değerleri sırasıyla 87.79, 0.61 ve 12.61 olarak tespit edilmiştir (Elgün ve ark., 2012). Mikrodalga stabilizasyon yönteminin kullanıldığı başka bir çalışmada ise, sorgum unu 600 W'ta 10 dk süre ile stabilize edilmiştir. Stabilize edilmemiş kontrol örneği ile

karşılaştırıldığında, stabilize edilen örneklerin *L** değerinin 83.1'den 61.9'a düştüğü, *a** değerinin 1.75'ten 6.42'ye, *b** değerinin 12.7'den 21.1'e ve ΔE değerinin de 14.8'den 37.8'e yükseldiği bulunmuştur (Sharanagat ve ark., 2019).

Sharma ve Gujral (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, hem kavurma (280°C - 20 sn) hem de mikrodalga ısıtma (900 W - 120 sn) yöntemleri ile arpanın stabilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Her iki stabilizasyon yönteminin de örneklerin *L** değerini azalttığı, *a** ve *b** değerini artırdığı, ancak mikrodalga ile stabilize edilen örneklerin *b** değerindeki artışın daha fazla olduğu bildirilmiştir. Elde edilen verilerin bir kısmının bu çalışmanın sonuçları ile farklılık göstermesinin, stabilizasyon yöntemlerinde kullanılan sıcaklık-güç ve süredeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.2. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının serbest asitlik değerleri

Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarına ait serbest asitlik değerleri Çizelge 4.7'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8'de ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Yağın asitlenme derecesinin bir göstergesi olan serbest asitlik, raf ömrünün belirlenmesinde önemli bir indikatördür (Liao ve ark., 2018). Yağların parçalanması, hidroliz ya da oksidasyon sonucu gerçekleşmektedir. Triaçilgliseroller, serbest yağ asitlerine hidrolize olabilmekte ve bu durum genellikle hidrolitik ransidite olarak bilinmektedir. Lipit oksidasyonu, hem proses aşamasında hem de depolama sürecinde meydana gelebilmekte, besinsel kalite ve duyusal özelliklerin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir (Allen ve ark., 1998; Butt ve ark., 2004).

Lüpen unu örneklerinin serbest asitlik değerleri %0.005-0.051 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.7). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin serbest asitlik değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi ve stabilizasyon yöntemi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde, depolama süresi faktörü ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

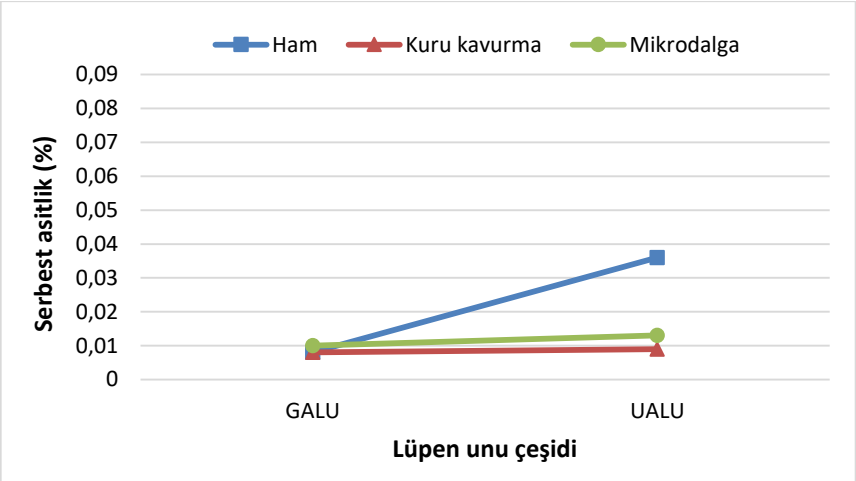
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, UALU içeren örneklerin daha yüksek serbest asitlik değerine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9). Chemat ve ark. (2004), ultrasonik kavitasyonun lipit oksidasyonuna neden olabileceğini ve bu durum üzerinde üç mekanizmanın etkisinin bulunabileceğini belirtmektedirler. Bu mekanizmalar; kavitasyon ile oluşan serbest radikaller, mikro akış ve şok dalgalarının oluşturduğu mekanik kuvvetler ve kavitasyonla

oluşan mikro baloncukların patlamasıyla meydana gelen termal etki olarak ifade edilmektedir. Bu durumun UALU örneklerinin serbest asitlik değeri üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

Serbest asitlik değerleri stabilizasyon yöntemi açısından karşılaştırıldığında, her iki stabilizasyon yönteminin de ham örneklerden daha düşük sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Genel olarak serbest asitlik içeriği, lipaz ve lipoksigenaz enzimlerinin aktivitesi ile ilişkilendirilmektedir (Saunders, 1990). Bu çalışmada elde edilen sonuçların, stabilizasyon işleminin lüpen unlarındaki su içeriği ile birlikte enzim aktivitesinin azaltılmasında etkili bir faktör olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Indrawati ve ark., 1999; Reyes De Corcuera ve ark., 2004). Shin ve ark. (2013), soya ununun 140°C'de 30 dk süre ile kuru kavurma işlemine tabi tutulması sonucunda, lipoksigenaz aktivitesinin 279 U/g'dan 69.1 U/g'a düştüğünü raporlamışlardır. Jiang ve ark. (2016) ise, 170°C'de 30 dk uygulanan kuru kavurma işlemi ve 950 W'ta 1.5 dk uygulanan mikrodalga işleminin her ikisinin de baklanın lipoksigenaz ve peroksidaz aktivitesini tespit edilemeyen bir seviyeye kadar düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Depolama süresince örneklerin ortalama serbest asitlik değerleri %0.006 ile %0.019 arasında değişmiş, 6. ay sonunda elde edilen sonuçların başlangıçta (0. ay) elde edilen sonuçlardan daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.9). Bu artışın, depolama süresince uygun koşullar altında lipaz enzimi kalıntısının lipolitik aktivitesi ile kraft ambalajın oksijen ve su geçirgenliği oranının yüksek olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Sharma ve ark., 2004). Köse (2018) tarafından ham buğday ruşeymi örneğinde lipaz aktivitesi 4.12 U/g olarak bulunmuş, mikrodalga ile stabilizasyon işlemi sonucunda 0.23 U/g'a düşmesi sağlanmış, ancak oda sıcaklığında polietilen ambalajda 90 günlük depolama sonunda ruşeymin lipaz aktivitesinin 1.96 U/g'a yükseldiği belirlenmiş, bu durum depolama süresince örneklerin su içeriğinin artması ile ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, depolama süresince lüpen unlarının serbest asitlik değerindeki artış istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunsa da, sayısal olarak çok küçüktür (Çizelge 4.9).

Örneklerin serbest asitlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu Şekil 4.5'te verilmiştir. Hem kuru kavurma hem de mikrodalga stabilizasyon yöntemlerine tabi tutulan lüpen unlarının serbest asitlik değerleri birbirine yakınken, ham UALU örneklerinin serbest asitlik değerinin ham GALU örneğinden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının serbest asitlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu

Literatürde acılığı giderilmiş ve stabilize edilmiş lüpen ununun depolama stabilitesi üzerine bir çalışma bulunamamıştır. Li ve ark. (2004), ultrason uygulaması ile soya fasulyesi yağında doymamış yağ asidi içeriği azalırken, doymuş yağ asidi miktarının arttığını ve oksidasyon oranının %3.4 oranında yükseldiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar tütün tohumu yağına ultrason uygulayan Stanisavljevic ve ark. (2009) tarafından da elde edilmiş ve tütün tohumu yağının linoleik asit içeriğinde %12 oranında bir azalma olduğu belirtilmiştir. Sanchez ve ark. (2001), ultrason uygulanmış peynirin serbest yağ asitliği içeriğinin, geleneksel metotla üretilmiş peynirden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Ünaldı (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, buğday ruşeymi kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş ve 105 gün süre ile depolanmıştır. Stabilize ruşeym örneklerinin asitlik değerinin kontrol örneğinden daha düşük olduğu, bununla birlikte depolama süresince asitlik değerinin arttığı tespit edilmiştir.

Sharma ve ark. (2004), 60 günlük depolama süresince serbest yağ asitliği değerinin ham pirinç kepeğinde %4.05'ten %64.60'a, kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş pirinç kepeğinde ise %3.66'dan %9.15'e yükseldiğini belirlemişlerdir. Kavrulmuş nohut ununu oda sıcaklığında 180 gün depolayan Mridula ve ark. (2010); depolamanın başlangıcında %0.06 olan serbest yağ asitliği değerinin, depolama sonunda %0.13 olduğunu bildirmişlerdir.

Darı ununun kuru kavurma yöntemi ile stabilize edildiği bir çalışmada, kraft ambalajda üç ay depolanmış ham örneklerin başlangıç ve depolama sonundaki yağ asitliği değerleri sırasıyla 0.11 g KOH/kg ve 3.73 g KOH/kg, stabilize edilmiş örneklerin

başlangıç ve depolama sonundaki yağ asitliği değerleri ise sırasıyla 0.01 g KOH/kg ve 0.69 g KOH/kg olarak tespit edilmiştir (Nantanga ve ark., 2008). Darı ununun mikrodalga yöntemi ile stabilize edildiği başka bir çalışmada, 30 günlük depolama süresince stabilize edilmemiş örneğin serbest yağ asitliğinin, mikrodalga ile stabilize edilmiş örneğe göre önemli ölçüde daha fazla artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu artışın lipolitik enzimlerin etkisi ile bağlantılı olan hidrolitik değişikliklerden kaynaklandığı ve depolama süresince kontrol örneğin daha fazla serbest yağ asitliği değerine sahip olmasının, lipaz aktivitesindeki artış sebebiyle olabileceği ifade edilmiştir (Yadav ve ark., 2012).

Kapale ve ark. (2014), dört haftalık depolama süresince stabilize edilmemiş kontrol pirinç kepeğinin serbest yağ asitliğinin %4.37'den %24.64'e, mikrodalga ile stabilize edilmiş örneğin serbest yağ asitliğinin ise %4.07'den %6.50'ye yükseldiğini tespit etmişler; 3 dk süre ile uygulanan mikrodalga stabilizasyonunun, pirinç kepeğindeki lipaz aktivitesinin durdurulmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Thanonkaew ve ark. (2012), pirinç kepeğine uygulanan kuru kavurma ve mikrodalga işlemlerinin her ikisinin de pirinç kepeği yağında serbest yağ asitlerinin oluşumunu, stabilize edilmemiş örneğe göre yavaşlattığını raporlamışlardır.

Esmer pirincin kuru kavurma ve mikrodalga yöntemleri ile stabilize edildiği bir çalışmada, lipaz aktivitesi ve serbest yağ asitliği değerleri kontrol örneğinde sırasıyla 0.45 U/g ve 2.57 mmol/g, kuru kavurma ile stabilize edilen örnekte sırasıyla 0.29 U/g ve 2.33 mmol/g, mikrodalga ile stabilize edilen örnekte ise sırasıyla 0.33 U/g ve 2.17 mmol/g olarak bulunmuş; elde edilen sonuçların, stabilizasyon yöntemlerinin lipaz enziminin inaktivasyonunda etkili olduğunu gösterdiği bildirilmiştir (Bergonio ve ark., 2016).

4.2.3. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının renk değerleri

Vakum ambalajla paketlenmiş örneklere ait renk değerleri Çizelge 4.10'da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının depolama süresince belirlenen renk ve serbest asitlik değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Stabilizasyon yöntemi	Depolama süresi (ay)	*L**	*a**	*b**	ΔE	Serbest asitlik[2] (%)
GALU[3]	Ham	0	86.58±0.29	-1.87±0.64	32.59±0.50	-	0.005±0.01
		2	86.59±0.49	-140±0.41	31.78±0.55	0.88±0.42	0.006±0.01
		4	86.77±0.40	-1.39±0.47	30.91±0.48	1.65±0.34	0.008±0.00
		6	86.13±0.58	-1.45±0.57	29.61±0.47	2.96±0.58	0.009±0.00
	Kuru kavurma	0	84.42±0.43	-0.27±0.41	31.13±0.38	3.32±0.40	0.007±0.00
		2	84.33±0.54	-0.16±0.41	31.27±0.45	3.25±0.52	0.007±0.00
		4	84.48±0.35	-0.11±0.40	31.45±0.33	3.10±0.49	0.007±0.01
		6	84.53±0.41	-0.03±0.51	29.83±0.54	3.95±0.47	0.007±0.00
	Mikrodalga	0	84.52±0.60	-1.13±0.35	33.14±0.43	2.44±0.44	0.007±0.01
		2	84.56±0.52	-1.11±0.58	31.60±0.49	2.51±0.40	0.007±0.01
		4	84.67±0.59	-0.89±0.78	30.73±0.25	2.92±0.37	0.008±0.00
		6	84.82±0.51	-0.24±0.45	26.26±0.37	6.72±0.54	0.007±0.01
UALU[4]	Ham	0	86.15±0.39	-1.72±0.45	34.11±0.53	-	0.006±0.01
		2	83.31±0.42	-1.15±0.35	33.49±0.37	2.91±0.40	0.065±0.02
		4	84.23±0.54	-1.05±0.34	32.85±0.48	2.33±0.35	0.069±0.02
		6	80.49±0.59	-1.09±0.47	27.54±0.40	8.60±0.33	0.082±0.01
	Kuru kavurma	0	84.13±0.63	-0.81±0.66	33.56±0.31	2.39±0.42	0.006±0.00
		2	84.83±0.47	-1.23±0.47	33.37±0.40	1.53±0.37	0.007±0.01
		4	84.65±0.65	-1.20±0.41	31.53±0.35	2.95±0.48	0.007±0.00
		6	81.37±0.48	-0.45±0.58	22.67±0.37	12.38±0.35	0.008±0.01
	Mikrodalga	0	84.55±0.60	-1.36±0.31	35.46±0.43	2.09±0.50	0.006±0.01
		2	84.15±0.40	-1.34±0.48	33.70±0.55	2.03±0.45	0.007±0.00
		4	84.81±0.49	-1.09±0.41	31.10±0.51	3.28±0.33	0.007±0.01
		6	82.40±0.62	-0.28±0.49	20.64±0.59	13.97±0.58	0.008±0.01
Minimum-maksimum			80.49-86.77	(-0.03)-(-1.94)	20.64-35.38	0.88-13.97	0.005-0.082
Ortalama±std			84.48±1.54	-0.96±0.64	30.83±3.46	4.00±3.39	0.015±0.02

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Sülfürik asit cinsinden. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.11. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının depolama süresince belirlenen renk ve serbest asitlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**		Serbest asitlik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	25.317	96.895**	0.617	2.564ns	0.005	0.026ns	0.003	46.755**
Stabilizasyon yöntemi (B)	2	4.157	15.909**	2.975	12.373**	7.187	35.896**	0.003	49.517**
Depolama süresi (C)	3	7.903	30.246**	0.920	3.828*	126.228	630.457**	0.000	7.544**
AxB	2	7.492	28.675**	1.127	4.688*	2.137	10.671**	0.003	49.009**
AxC	3	7.301	27.943**	0.061	0.254ns	33.426	166.951**	0.000	6.633**
BxC	6	1.157	4.430**	0.255	1.061ns	8.045	40.183**	0.000	6.065**
AxBxC	6	0.611	2.339ns	0.038	0.160ns	1.982	9.898**	0.000	5.390**
Hata	24	0.261		0.240		0.200		0.000	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.12. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının depolama süresince belirlenen renk ve serbest asitlik değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**	Serbest asitlik[2] (%)
Lüpen unu çeşidi					
GALU[3]	24	85.20±1.03[a]	-0.85±0.65[a]	30.83±1.74[a]	0.007±0.00[b]
UALU[4]	24	83.75±1.60[b]	-1.07±0.40[a]	30.81±4.73[a]	0.023±0.03[a]
Stabilizasyon yöntemi					
Ham	16	85.05±2.24[a]	-1.41±0.32[c]	31.58±2.16[a]	0.031±0.03[a]
Kuru kavurma	16	84.07±1.12[b]	-0.55±0.49[a]	30.58±3.42[b]	0.007±0.00[b]
Mikrodalga	16	84.31±0.80[b]	-0.94±0.45[b]	30.31±4.74[b]	0.007±0.00[b]
Depolama süresi (ay)					
0	12	85.05±1.11[a]	-1.25±0.60[b]	33.25±1.47[a]	0.006±0.00[b]
2	12	84.63±1.09[a]	-1.06±0.46[b]	32.53±1.10[b]	0.016±0.02[a]
4	12	84.93±0.92[a]	-0.95±0.45[ab]	31.43±0.76[c]	0.017±0.03[a]
6	12	83.29±2.20[b]	-0.59±0.56[a]	26.09±3.74[d]	0.021±0.03[a]

[1]Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Sülfürik asit cinsinden. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Vakum ambalajla paketlenmiş örneklerin *L** değerlerinin 80.49-86.77 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.10). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi, stabilizasyon yöntemi ve depolama süresi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"*, *"lüpen unu çeşidi x depolama süresi"* ve *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonlarının *L** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre lüpen unu çeşidi, *L** değeri açısından önemli ($p<0.05$) bulunmuş; GALU örneklerinin ortalama *L** değerinin (85.20), UALU örneklerine (83.75) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Ultrason uygulamasının kütle transferini hızlandırması ve kavitasyonun neden olduğu oksidasyon, UALU örneklerinin daha düşük *L** değerine sahip olmasında etkili olmuş olabilir.

Lüpen unlarının *L** değerleri stabilizasyon yöntemi açısından karşılaştırıldığında, farklı yöntemlerle stabilize edilmiş örnekler arasında önemli ($p>0.05$) bir farkın oluşmadığı ve ham örneklerden daha düşük *L** değerlerine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 4.12). Bu durumun örneklere uygulanan ısıl işlem ile birlikte su içeriğinin azalması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

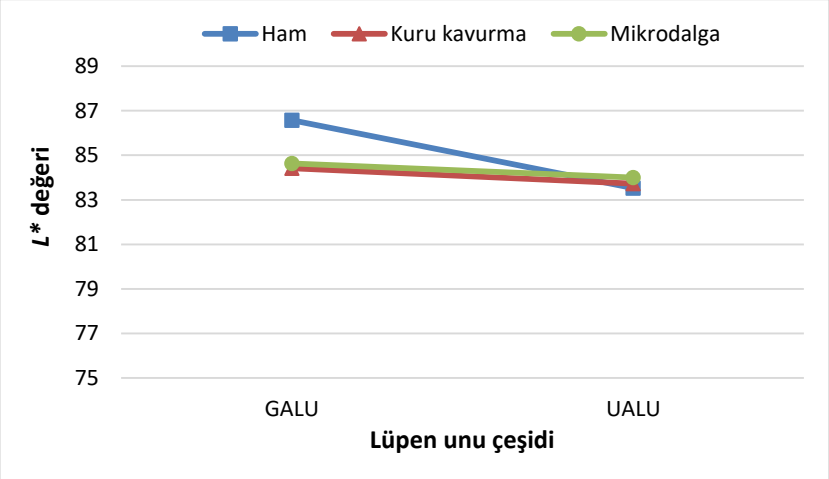
Elde edilen veriler depolama süresi yönünden değerlendirildiğinde, lüpen unlarının ortalama *L** değerinin 83.29 ve 85.05 arasında değiştiği, en düşük *L** değerinin

6. ayda elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Zanardi ve ark. (2002), vakum paketlenmiş ürünlerde yağ ve renk oksidasyon parametreleri arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Yağ içeriği yüksek lüpen unlarının depolama süresince paket içinde kalan oksijen ve ışık ile teması sonucu, renk pigmentlerinin oksidasyona uğradığı ve bu nedenle *L** değerinde azalma olduğu tahmin edilmektedir.

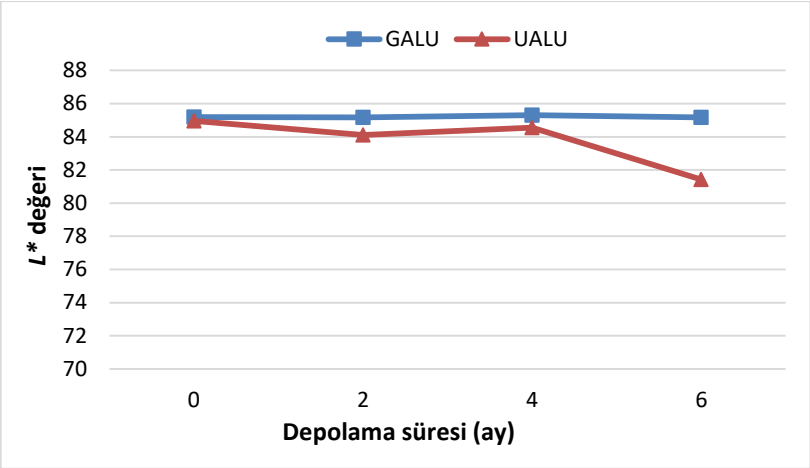
Vakum ambalajla paketlenmiş örneklerin *L** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu Şekil 4.6'da verilmiştir. Tüm stabilizasyon yöntemleri için; GALU örneğinin *L** değerinin, UALU örneğinin *L** değerinden daha yüksek olduğu ve stabilize edilmeyen GALU örneğinin *L** değerinin, stabilize edilen örneklerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Örneklerin *L** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x depolama süresi"* interaksiyonu Şekil 4.7'de verilmiştir. Depolama süresince GALU örneklerinin *L** değerinde belirgin bir değişiklik olmazken, UALU örneklerinin *L** değerinin 6. ayda belirgin bir şekilde düştüğü gözlenmektedir.

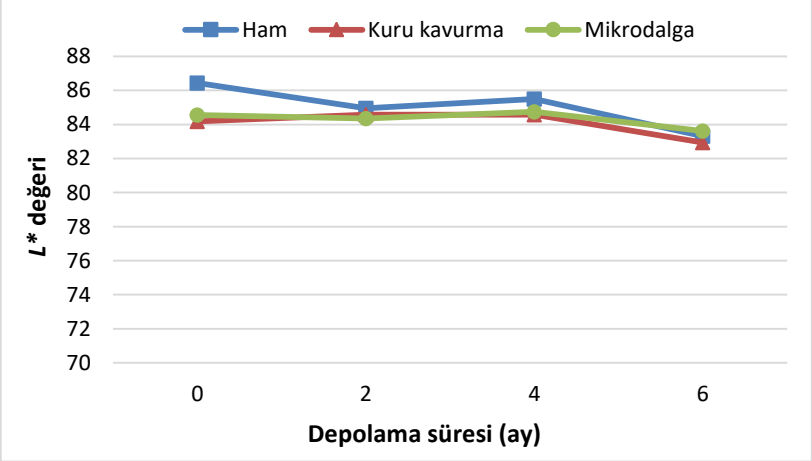
Vakum ambalajla paketlenmiş örneklerin *L** değeri üzerinde etkili *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu Şekil 4.8'de verilmiştir. 6. ayın sonunda, farklı yöntemlerle stabilize edilmiş örneklerin *L** değerinin birbirine çok yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 4.6. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *L** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu



Şekil 4.7. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *L** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x depolama süresi"* interaksiyonu



Şekil 4.8. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *L** değeri üzerinde etkili *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu

Severini ve ark. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, vakum ambalajla paketlenmiş ham bademlerin *L** değeri 82.02 olarak bulunurken, kavrulmuş badem örneklerinin *L** değeri ise 74.75 olarak belirlenmiştir.

Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unu örneklerinin ortalama *a** değeri -0.96 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10). Varyans analizi sonuçlarına göre; örneklerin *a** değeri üzerinde stabilizasyon yöntemi faktörü $p<0.01$ düzeyinde, depolama süresi faktörü ile *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU örneklerinin ortalama *a** değeri -0.85, UALU örneklerinin ortalama *a** değeri ise -1.07 olarak bulunmuş ve

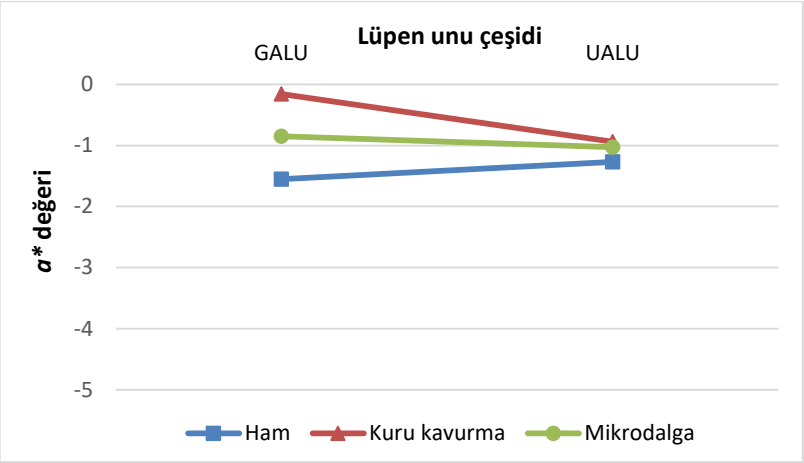
lüpen unu çeşidinin *a** değeri açısından önemsiz ($p>0.05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12).

Sonuçlar stabilizasyon yöntemi açısından karşılaştırıldığında; kuru kavurma ile stabilize edilmiş örneklerin en yüksek *a** değerine sahip olduğu ve bunları mikrodalga ile stabilize edilmiş örneklerin takip ettiği belirlenmiştir. Ortalama *a** değeri -1.41 olan ham örnekler, en düşük sonucu vermiştir (Çizelge 4.12). Yoshida (1994), kavurma işlemi esnasında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının yanında fosfolipidlerin parçalanmasının da renk oluşumu üzerinde etkili olduğunu, fosfolipidlerin ısıl işlem süresince esmerleşmeye sebep olabileceğini ifade etmiştir. Esmerleşme reaksiyonları ile birlikte lüpen ununun yüksek yağ içeriğinin, ısıl işlem uygulaması sonucunda örneklerin *a** değerinin yükselmesine neden olduğu tahmin edilmektedir.

Depolama süresince elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, örneklerin ortalama *a** değerinin başlangıçta (0. ay) -1.25 olduğu ve 6. ayda -0.59'a yükseldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Yingyuad ve ark. (2006), lipit oksidasyonu ve mikrobiyal gelişimin üründeki renk değişiklikleri üzerinde etkili olabilecek önemli faktörler olduğunu belirtmektedirler. Depolama süresince, özellikle vakum ambalajlanmış ham örneklerde anaerobik mikroorganizmaların gelişmesi ile enzim aktivitesi artmış ve oksidasyon reaksiyonları sonucunda *a** değerinde artış meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir (Zamora ve Hidalgo, 2011). Bununla birlikte, vakum ambalajın şeffaf olması nedeniyle lüpen unlarının ışığa maruz kalması da oksidasyon üzerinde etkili olmuş olabilir.

Şekil 4.9'da vakum ambalajla paketlenmiş örneklerin *a** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu verilmiştir. Farklı stabilizasyon yöntemlerine bağlı olarak, GALU örneklerinin *a** değerleri birbirinden farklı iken, UALU örneklerinin *a** değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmektedir. Hem GALU hem de UALU örnekleri için en düşük *a** değerleri, stabilize edilmemiş ham örneklerde belirlenmiştir.

Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *b** değerleri 20.64-35.38 arasında değişmiştir (Çizelge 4.10). Varyans analizi sonuçlarına göre; stabilizasyon yöntemi ve depolama süresi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"*, *"lüpen unu çeşidi x depolama süresi"*, *"stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* ve *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonlarının *b** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.11).



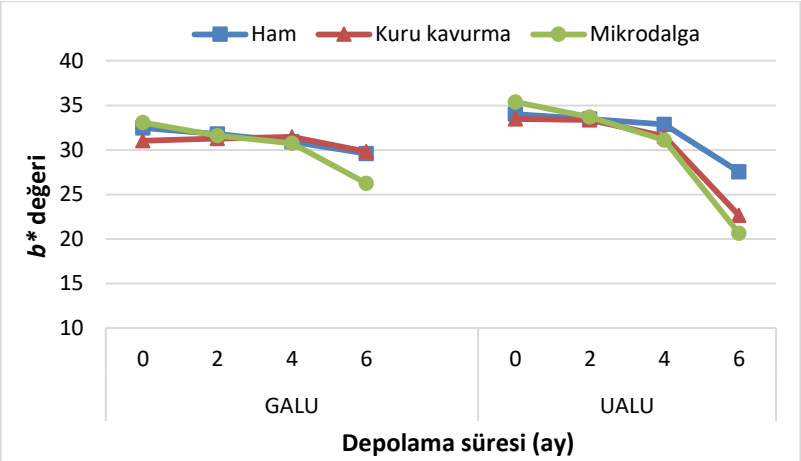
Şekil 4.9. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *a** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi"* interaksiyonu

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, GALU ve UALU örneklerinin *b** değerleri istatistiki olarak farksız ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Stabilizasyon yöntemi açısından yapılan değerlendirmede, hem kuru kavurma hem de mikrodalga yöntemleri ile stabilize edilen örneklerin stabilize edilmemiş ham örneklerden daha düşük *b** değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Stabilizasyon esnasında uygulanan ısıl işlemin pigmentlerin parçalanmasında ve esmerleşme reaksiyonlarının meydana gelmesinde etkili olduğu (Rodriguez-Amaya, 1999), bu durumun stabilize edilmiş lüpen unlarında daha düşük *b** değerleri ile sonuçlandığı tahmin edilmektedir.

Vakum ambalajla paketlenmiş örneklerin *b** değeri depolama süresi açısından karşılaştırıldığında, örneklerin ortalama *b** değerinin 26.09-33.25 arasında değiştiği ve depolama süresinin artması ile *b** değerinin azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.12). Alves ve ark. (2012), paket yüzeyinin ışıkla teması sonucu tatlı patates unundaki toplam karotenoid içeriğinde yaklaşık %50 oranında kayıp olduğunu bildirmişlerdir. Depolama süresince lüpen unlarının *b** değerinde görülen azalmanın, şeffaf vakum ambalajın ışığa maruz kalması sonucu renk pigmentlerinin parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çınar, 2004; 2005).

Örneklerin *b** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu Şekil 4.10'da gösterilmiştir. 6. ay sonunda UALU örneklerinin *b** değerindeki düşüşün, GALU örneklerine göre daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının *b** değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu

Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının ΔE değerleri 0.88 ve 13.97 arasında değişiklik göstermiş, ortalama ΔE değeri 4.00 olarak bulunmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi, elde edilen ΔE sonuçlarına varyans analizi ve Duncan testi yapılmamıştır. Hem GALU hem de UALU örneklerinde, tüm stabilizasyon yöntemlerinde 6. ay sonunda en yüksek ΔE değerleri elde edilmiştir. Özellikle UALU örneklerinde 6. ay sonunda, GALU örneklerinden çok daha yüksek ΔE değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Depolama süresince örneklerin maruz kaldığı ışık, örneklerin kuru madde miktarı ve lipit oksidasyonu örneklerdeki renk farklılığı üzerinde etkili olmuş olabilir (Andersen ve ark., 1988; Batu ve ark., 2007; Panseri ve ark., 2018).

Liao ve ark. (2018), ham kaju fıstığının *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 81.56, 1.07 ve 20.47 olarak, kuru kavurma (140°C - 33 dk) yöntemi ile stabilize edilmiş örneklerin aynı değerlerini ise sırasıyla 78.22, 4.01 ve 24.14 olarak tespit etmişlerdir.

Nalbant (2010), ayçiçeği tohumunun mikrodalga yöntemi ile stabilizasyonu (540 W - 5 dk) sonucunda; *L** değerinin ham örneğe göre azaldığını, *a** ve *b** değerlerinin ise artış gösterdiğini raporlamıştır.

Buğday ruşeyminin stabilizasyonu üzerine yapılan bir çalışmada, ısıl işlem uygulaması ile birlikte *L** ve *b** değerinin azaldığı, *a** değerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 90 günlük depolama süresince vakum ambalajla paketlenmiş örneklerin parlaklığının azaldığı, kırmızılığının ise arttığı ve mat bir renk aldıkları ifade edilmiştir (Köse, 2018).

4.2.4. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının serbest asitlik değerleri

Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unu örneklerinin serbest asitlik değerleri %0.005-0.082 arasında değişmiştir (Çizelge 4.10). Varyans analizi sonuçlarına göre serbest asitlik değerleri üzerinde; lüpen unu çeşidi, stabilizasyon yöntemi ve depolama süresi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi", "lüpen unu çeşidi x depolama süresi", "stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* ve *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Örneklerin serbest asitlik değerleri lüpen unu çeşidi açısından karşılaştırıldığında; UALU örneklerinin (%0.023), GALU örneklerinden (%0.007) daha yüksek serbest asitliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Hashemi ve ark. (2015), ultrason uygulamasının yağ oksidasyonunu artırdığını bildirmişlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi, ultrasonik kavitasyonun UALU örneklerinde serbest asitlik değerinin daha fazla yükselmesine neden olduğu tahmin edilmektedir.

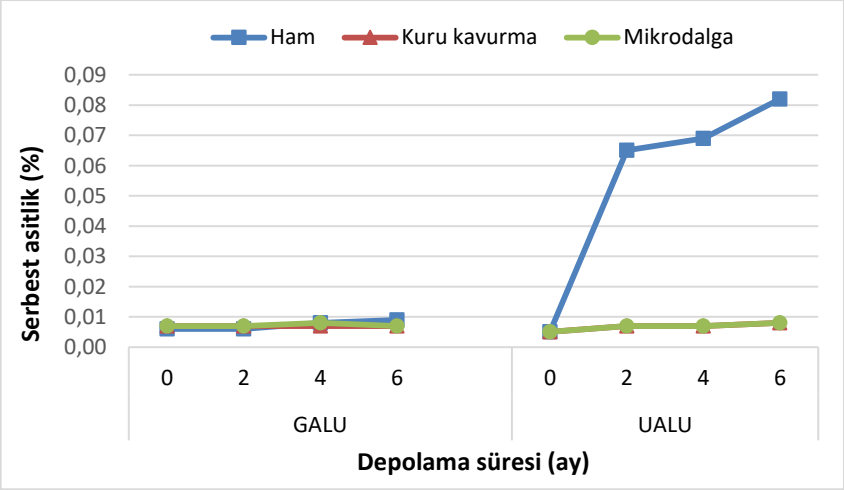
Elde edilen sonuçlar stabilizasyon yöntemi açısından değerlendirildiğinde, en yüksek serbest asitlik değerinin stabilize edilmemiş ham örneklerde bulunduğu, stabilize edilen örneklerin serbest asitlik değerlerinin ise birbirine benzer olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12). Isıl işleme tabi tutulmayan ham örneğin su içeriğinin ve enzim aktivitesinin, stabilize edilmiş örneklerden daha yüksek olması ve vakum ambalajın su buharı geçirgenliğinin düşük olması, bu durum üzerinde etkili olmuş olabilir. Su içeriğinin yüksek olması ve uygun olmayan depolama koşulları, oksidatif ve hidrolitik ransiditenin gelişimine neden olmaktadır (Martin ve ark., 1993; Yılmaz, 2014). Ayrıca, bu çalışmada kullanılan stabilizasyon yöntemlerinin lüpen ununda bulunan lipaz ve lipoksigenaz enzimlerinin inaktivasyonunda etkili olması, stabilize edilmiş örneklerde ham örneğe göre daha düşük serbest asitlik değerleri ile sonuçlanmış olabilir (Xu ve ark., 2016).

Depolama sürecinde 2. aydan itibaren örneklerin serbest asitlik değeri artış göstermiş, ancak 2., 4. ve 6. aylarda elde edilen örneklerin serbest asitlik değeri aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.12). Serbest asitlik değerinde meydana gelen artışın, özellikle ham örneklerde, lüpen ununun bileşiminde yüksek oranda bulunan yağların hidrolizinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Giami ve ark., 2000). Sudha ve ark. (2011) da, bu artışın depolama süresince artan lipaz aktivitesi ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, vakumlanmış şeffaf paketin maruz kaldığı ışık ve ham

lüpen unu örneklerindeki anaerobik mikroorganizların enzim aktivitesi de depolama sürecindeki serbest asitlik artışından sorumlu olabilir (Priyankara ve ark., 2009).

Örneklerin serbest asitlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Depolama süresince stabilize edilmemiş ham UALU örneğinin serbest asitlik değerinde dikkat çekici bir artış olduğu görülmektedir. Kraft ambalajla paketlenmiş ham UALU örneğine kıyasla, vakum ambalajla paketlenmiş ham örneğin serbest asitlik değerindeki bu artışın, ultrasonik kavitasyonun etkisi ile gerçekleşen oksidasyona ve vakum ambalajın su buharı geçirgenliğinin düşük olması nedeniyle gerçekleşebilecek hidrolitik bozulmalara bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Ultrasonun yağların oksidatif stabilitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı birçok çalışmada, ultrason uygulamasının lipit oksidasyonunu hızlandırdığı ve oksidatif ransiditeye neden olduğu raporlanmıştır (Canizares-Macias ve ark., 2004; Jiang ve ark., 2014; Sicaire ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2017). Li ve ark. (2012), geleneksel yöntemle ekstrakte edilen *Isatis indigotica* tohumu yağının asitlik değerini 2.09 mg KOH/g olarak, ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilen yağın asitliğini ise 2.36 mg KOH/g olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 4.11. Vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının serbest asitlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x stabilizasyon yöntemi x depolama süresi"* interaksiyonu

Ogunronbi ve ark. (2011), 6 ay boyunca depolanan keten tohumu yağı küspesinin serbest yağ asitliği değerinin; vakumlanarak paketlenen örneklerde %0.9'dan %2.11'e, vakumlanmadan paketlenen örneklerde ise %0.9'dan %2.39'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Literatürdeki birçok çalışmada da, ısıl işlem görmüş ürünün serbest yağ

asitliği değerinin depolama süresince arttığı belirlenmiştir (Buransompob ve ark., 2003; Wang ve ark., 2006; Ling ve ark., 2014).

Vakumlu ve vakumsuz ambalajlarda kinoa barının depolama stabilitesini inceleyen Padmashree ve ark. (2018), 0. ayda %1.32 olan serbest yağ asitliği değerinin 6. ay sonunda vakumlu ambalajda %1.90'a, vakumsuz ambalajda ise %2.12'ye yükseldiğini bulmuşlardır.

Yasa ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada; pirinç kepeği, ham ve mikrodalga (550 W - 3 dk) ile stabilize edilmiş olarak, hem kilitli torba hem de vakum ambalaj ile paketlenmiş ve 12 hafta depolanmıştır. Depolama süresinin sonunda, ham pirinç kepeğinin serbest yağ asitliği içeriğinin (başlangıç değeri %3.69); kilitli torbada %52.1'e, vakum ambalajda %49.8'e yükseldiği görülmüştür. Stabilize edilmiş örneklerin serbest yağ asitliğinde ise %10'luk bir artış tespit edilmiştir. Depolama süresince vakum paketlenmiş ham pirinç kepeğinin serbest yağ asitliği değerindeki artış, vakumlama işlemi ile hava ve oksijenin uzaklaştırılması sonucu pirinç kepeğinde bulunan yüksek lipolitik enzim aktivitesine sahip anaerobik mikroorganizmaların aktif hale gelmesi ile ilişkilendirilmiştir. Weerathilake ve ark. (2012) ise, ransidite gelişiminin yavaşlatılmasında vakum ambalaj ile yapılan paketlemenin en etkili yöntem olduğunu bildirmiş, mikrodalga ısıtma yöntemi ile pirinç kepeğinin raf ömrünün 5 haftadan daha fazla bir süreye uzatılabileceğini belirlemişlerdir.

Guraya ve Patindol (2011), kilitli torba ve vakum ambalaj ile paketlenerek 300 gün süre ile depolanan esmer pirincin serbest yağ asitliği değerinin depolama süresince artış gösterdiğini, ancak paket çeşidinin serbest yağ asitliği üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığını tespit etmişlerdir. Guevara-Guerrero ve ark. (2019) ise, ekstrüzyon prosesi ile stabilize edilmiş pirinç kepeğinin serbest yağ asitliği üzerinde vakumlu paketlemenin, vakumsuz paketlemeye göre önemli ($p<0.05$) bir dezavantaj gösterdiğini bildirmişlerdir. Vakumlama işlemi ile ortamdan hava ve oksijenin uzaklaştırılması sonucu muhtemelen anaerobik mikroorganizmaların aktivasyonu ile lipaz aktivitesinin artmasının bu durum ile ilişki olabileceğini raporlamışlardır.

4.3. Hammadde Analiz Sonuçları

Kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş GALU ve UALU (25°C - 25 dk - 60 saat) örnekleri ayrı ayrı kullanılarak makarna ve ekmek üretimleri gerçekleştirilmiş, DN ortak bileşen olarak kullanılmıştır. Ayrıca, makarna üretiminde ana bileşen olarak buğday

irmiği, ekmek üretiminde ise buğday unu yer almıştır. GALU ve UALU örneklerinin hammaddesi olan ham lüpen unu ile makarna ve ekmek üretiminde kullanılan hammaddelere ait renk değerleri Çizelge 4.13'te, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.14 ve 4.15'te, mineral madde analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

4.3.1. Renk değerleri

Makarna ve ekmek üretiminde kullanılan hammaddelere ait renk değerleri (*L**, *a** ve *b**) Çizelge 4.13'te verilmiştir. Hammaddelerin *L** değerleri 84.10 ve 97.51 arasında değişim göstermiştir. DN, beklendiği üzere en yüksek *L** değerini (97.51) vermiş ve bunu buğday unu (93.76) takip etmiştir. GALU ve UALU örneklerinin *L** değerleri ise birbirine yakın ve ham lüpenden daha düşük bulunmuştur. Acılık giderme işleminde uygulanan kaynatma ve ıslatma prosesleri, lüpenin renk değerlerinde değişikliklere sebep olmuştur. Bu durum, 4.1.2 başlığı altında detaylı olarak tartışılmıştır.

Çizelge 4.13. Makarna ve ekmek üretiminde kullanılan hammaddelere ait renk değerleri[1]

Hammadde	*L**	*a**	*b**
Ham lüpen unu	87.58±0.48^{c}	-2.17±0.34^{c}	30.07±0.54^{b}
GALU[2]	84.42±0.37^{d}	-0.44±0.27^{ab}	31.25±0.44^{b}
UALU[3]	84.10±0.58^{d}	-0.89±0.39^{abc}	33.24±0.48^{a}
Buğday unu	93.76±0.45^{b}	-0.51±0.34^{ab}	10.28±0.35^{d}
Buğday irmiği	88.62±0.47^{c}	-1.65±0.46^{bc}	21.89±0.20^{c}
DN[4]	97.51±0.51^{a}	-0.15±0.42^{a}	2.75±0.37^{e}

[1]Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Hammaddelerin *a** değerleri (-2.17)-(-0.15) arasında değişmiştir. Ham lüpen unu, GALU, UALU, buğday unu, buğday irmiği ve DN örneklerinin *a** değerleri sırasıyla (-2.17), (-0.44), (-0.89), (-0.51), (-1.65) ve (-0.15) olarak tespit edilmiştir. GALU, ham lüpen ununda daha yüksek *a** değeri göstermiştir (Çizelge 4.13).

Hammaddeler arasında en yüksek *b** değerinin (33.24) UALU örneğinde olduğu tespit edilmiştir. GALU örneği ise ham lüpen ununa benzer *b** değeri vermiştir (Çizelge 4.13). Lüpen kotiledonuna parlak sarı rengini veren karotenoidler, lüpenin *b** değerinin diğer hammaddelere kıyasla daha yüksek olmasını sağlamıştır (Ghezlou, 2001). *b** değeri açısından, lüpen unlarını buğday irmiği takip etmiş, DN ise en düşük *b** değerine (2.75)

sahip hammadde olarak belirlenmiştir. DN çeşidi ve üretim yöntemi, DN'nin rengi üzerinde etkili olabilmektedir.

Oliveira ve ark. (2015), lüpen ununun *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 84.31, 4.03 ve 32.08 olarak tespit etmişlerdir. Çevik (2016), acılığı giderilmiş lüpen ununun *L** değerini 83.54, *a** değerini -0.16 ve *b** değerini 28.75 olarak raporlamıştır. Başka bir çalışmada ise, acılığı giderilmiş lüpen ununun *L**, *a** ve *b** değerleri sırasıyla 81.08, -0.28 ve 42.04 olarak bulunmuştur (Yaver ve Bilgiçli, 2018).

Buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerleri; Yıldız (2009) tarafından sırasıyla 95.51, -0.77 ve 9.89, Elgün (2011) tarafından sırasıyla 94.63, -0.75 ve 10.09, Madenci ve Bilgiçli (2014) tarafından sırasıyla 94.51, -0.77 ve 9.59 olarak belirlenmiştir. Levent ve ark. (2020), buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 93.52, -0.60 ve 10.01, buğday irmiğinin *L**, *a** ve *b** değerlerini ise sırasıyla 89.09, -1.76 ve 21.81 olarak tespit etmişlerdir. Demir ve Bilgiçli (2020), buğday irmiğinin *L**, *a** ve *b** değerlerinin sırasıyla 88.15, -0.73 ve 19.94 olduğunu bildirmişlerdir. Baiano ve ark. (2011) ise, buğday irmiğinin *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 90.20, -1.56 ve 24.22 olarak raporlamışlardır.

Kim ve ark. (2015), Tip4 DN'nin *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 94.85, -0.12 ve 0.98 olarak belirlemişlerdir.

4.3.2. Kimyasal analiz sonuçları

Hammaddelere ait kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Hammaddelerin kül değerleri %0.62 ve %2.35 arasında değişiklik göstermiştir. Kül oranı %2.30 olan DN, oldukça dikkat çekmektedir. Bu çalışmada kullanılan DN'nin (Tip4) kimyasal olarak modifiye edilmiş bir nişasta olmasının, kül değeri üzerinde etkili olduğu tahmin edilmektedir. Tip4 DN üretiminde yaygın kullanılan kimyasal ajanlar; sodyum trimetafosfat, sodyum tripolifosfat, epikloridin, fosforil klorid, adipik asit, asetik anhidrit ve vinil kloriddir (Xie ve ark., 2006). Bu kimyasallar, DN'nin bileşimindeki bazı minerallerin ve kül miktarının artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada en düşük kül miktarı, tahmin edildiği gibi buğday ununda (%0.62) belirlenmiş ve bunu buğday irmiği (%0.95) takip etmiştir. Bu hammaddelerin her ikisi için de randıman, kül miktarı üzerinde oldukça önemli bir etkendir. Un ve irmik üretiminde, ürüne karışan kepek miktarı arttıkça randıman yükselmekte ve ürün, toplam mineral madde miktarı yani kül içeriği açısından zenginleşmektedir (Elgün ve ark., 2001). Acılık giderme işlemi ile lüpen unlarının kül miktarında önemli ($p<0.05$) oranda azalma

olmuştur. Bu durum, ham lüpendeki inorganik maddelerin bir kısmının ıslatma suyuna geçtiğini göstermiştir.

Çizelge 4.14. Makarna ve ekmek üretiminde kullanılan hammaddelere ait kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN analiz sonuçları[1]

Hammadde	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Toplam diyet lifi (%)	DN[2] (%)
Ham lüpen unu	2.35±0.03^{a}	10.08±0.16^{c}	38.40±0.44^{b}	36.72±0.83^{c}	0.05±0.02^{b}
GALU[3]	1.41±0.04^{b}	11.17±0.13^{b}	39.29±0.30^{ab}	45.19±0.95^{b}	0.07±0.03^{b}
UALU[4]	1.35±0.01^{b}	12.20±0.17^{a}	40.21±0.48^{a}	44.32±0.66^{b}	0.09±0.03^{b}
Buğday unu	0.62±0.03^{d}	0.89±0.14^{d}	11.34±0.22^{c}	2.91±0.07^{d}	0.79±0.08^{b}
Buğday irmiği	0.95±0.01^{c}	0.80±0.10^{d}	11.89±0.34^{c}	4.15±0.10^{d}	0.41±0.07^{b}
DN	2.30±0.02^{a}	0.09±0.08^{e}	0.17±0.18^{d}	93.12±1.16^{a}	91.03±0.78^{a}

[1]Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Hammaddeler yağ miktarı açısından karşılaştırıldığında; DN'nin en düşük (%0.09), UALU örneğinin ise en yüksek (%12.20) yağ içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.14). Acılık giderme işlemi ile suda çözünür maddelerin tohumdan suya geçişinin, lüpenin bileşimindeki yağın oransal olarak artış göstermesine sebep olduğu, bu nedenle GALU ve UALU örneklerinin ham lüpenden daha yüksek oranda yağ içerdiği tahmin edilmektedir. Benzer bir artış Getachew (2009) tarafından yapılan çalışmada da rapor edilmiş ve bu artışın sebebi, lipolitik enzimlerin kaynatma işlemi ile inaktif olabileceği ve böylece triaçilgliserollerin hidrolizinin gerçekleşmemesi sonucunda yağ içeriğinin artmış olabileceği bildirilmiştir.

Hammaddelerin protein miktarları %0.17-40.21 arasında değişmiş olup, GALU (%39.29) ve UALU (%40.21) örnekleri en yüksek sonuçları vermiştir (Çizelge 4.14). Literatürde acılık giderme işlemi sonucunda protein miktarında görülen artışın, alkaloitler ve protein olmayan azotlu bileşiklerin uzaklaştırılmasından kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Getachew, 2009). Bau ve ark. (1997) ise, suda çözünür maddelerin difüzyonuyla protein içeriğinde oransal bir artış olması ile birlikte, protein yapısındaki enzimlerin sentezinin de bu artışa neden olabileceğini bildirmişlerdir. Hammaddelerden buğday unu (%11.34) ve buğday irmiğinin (%11.89) protein miktarlarının ise birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Buğday unu ve irmiğinin protein miktarı; buğdayın tür ve çeşidine, ekolojik faktörlere ve öğütme randımanına göre değişiklik gösterebilmektedir.

Hammaddelere ait toplam diyet lifi miktarı %2.91-93.12 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.14). Literatürde de bir diyet lifi olarak tanımlanan DN, diğer hammaddelere göre oldukça yüksek olan lif içeriği ile dikkat çekmektedir. DN'yi takip

eden GALU (%45.19) ve UALU (%44.32) örneklerinin de yüksek oranda diyet lifine sahip olduğu görülmüştür. Acılık giderme işleminde uygulanan ıslatma prosesinde ürünün bileşimindeki sakkaroz ve oligosakkaritler ile birlikte çözünür diyet lifleri de suya geçmektedir (Wang ve ark., 2010). Lüpenin bileşimindeki diyet lifin oldukça önemli bir kısmı (%80-90) suda çözünmeyen liflerden oluşmakta (Mohamed ve Rayas-Duarte, 1995; Hofmanova ve ark., 2014), bu da ıslatma prosesinde lif kaybının azalmasını sağlamaktadır. Acılığı giderilmiş lüpen unlarının ham lüpenden daha yüksek oranda diyet lifi içermesi, suda çözünür maddelerin kaybı sonucunda oransal bir artış ile ilişkilendirilmektedir. En düşük toplam diyet lifi içeriği, buğday unu (%2.91) ve buğday irmiğinde (%4.15) elde edilmiştir. Öğütme prosesinde, diyet lifçe zengin kepek ve ruşeymin uzaklaştırılması, buğday unu ve irmiğin toplam diyet lifi miktarının düşük olmasına neden olmaktadır.

Hammaddelerin DN içerikleri incelendiğinde, bu çalışmada kullanılan DN'nin oldukça yüksek saflıkta (%91.03) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). Nişastasız baklagil olarak tanımlanabilen lüpenden elde edilen unların DN içeriklerinin de beklenen düzeyde olduğu görülmüştür. Buğday ununda %0.79, buğday irmiğinde ise %0.41 DN olduğu belirlenmiştir. Kesici (2019); tür, çeşit, yetiştirme koşulları, işleme yöntemi ve depolama sıcaklığı faktörlerinin DN içeriği üzerinde etkili olduğunu raporlamıştır.

Tizazu ve Emire (2010), ham lüpenin kül, yağ ve protein içeriğini sırasıyla %3.01, %9.42 ve %37.24 olarak tespit etmişlerdir. Raikos ve ark. (2014) tarafından, lüpen ununda %10.0 yağ, %40.0 protein ve %35.0 diyet lifi bulunduğu bildirilmiştir. Musco ve ark. (2017), lüpenin kül, yağ, protein ve toplam diyet lifi içeriğini sırasıyla %5.25, %8.67, %37.8 ve %46.6 olarak raporlamışlardır. Hofmanova ve ark. (2014), lüpenin bileşiminde %3.90 kül, %36.9 protein, %50.4 toplam diyet lifi (%48.4 çözünmeyen lif ve %2.0 çözünür lif) ve %0.11 DN bulunduğunu belirlemişlerdir. Literatürde bulunan verilerdeki çeşitlilik; lüpenin çeşidi, yetiştiği koşullar ve toprak türünden kaynaklanmış olabilir. Acılığı giderilmiş lüpenin kimyasal kompozisyonu üzerine literatürde oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmakla birlikte, ultrason uygulaması ile acılığı giderilmiş lüpen ununun kimyasal kompozisyonunun belirlendiği bir çalışma bulunamamıştır. Yıldız (2012), geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen ununda %1.95 kül, %12.89 yağ ve %39.50 protein bulunduğunu belirlemiştir. Awad-Allah ve Elkatry (2013); kül, yağ ve protein miktarını ham lüpende sırasıyla %3.41, %9.94 ve %38.60 olarak, geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpende ise sırasıyla %2.11, %8.25 ve %46.30 olarak tespit etmişlerdir.

Ultrason uygulamasının baklagillerin protein içeriği üzerine etkilerini araştıran Byanju ve ark. (2020); geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında, ultrason uygulamasının soya unu ve barbunyanın protein içeriğinde önemli ($p>0.05$) bir değişikliğe neden olmadığını, ancak nohutun protein içeriğini azalttığını raporlamışlardır. Kaya ve ark. (2017), ultrason uygulamasının yeşil mercimek, kırmızı mercimek, bakla ve bezelye kepeklerindeki toplam diyet lifi üzerinde, kontrole göre önemli ($p>0.05$) bir değişikliğe neden olmadığını belirlemişlerdir. Chittapalo ve Noomhorm (2009), geleneksel yöntem ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağı alınmış pirinç kepeği protein konsantratı örneklerinin kül, yağ ve protein içeriğinin birbirine yakın olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların genel olarak literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Literatürde buğday ununun kimyasal bileşimi üzerine yapılmış birçok çalışma mevcut olmakla birlikte, bu çalışmalarda elde edilen veriler buğdayın türüne, çeşidine, yetiştirme koşullarına ve öğütme şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki birçok çalışma ile uyumludur. Villarino (2014), buğday ununun kül, yağ, protein ve toplam diyet lifi içeriğini sırasıyla %0.62, %1.8, %12.3 ve %6.4 olarak tespit etmiştir. Ragaee ve ark. (2006), buğday ununda %0.56-0.71 kül, %0.86-0.98 yağ, %11.0-13.5 protein, %3.65-4.59 toplam diyet lifi ve %0.20-0.55 DN bulunduğunu raporlamışlardır. Buğday ununun bileşimindeki kül, yağ, protein ve diyet lifi miktarı Hung ve ark. (2007) tarafından sırasıyla %0.3, %1.5, %12.6 ve %3.4, Oghbaei ve Prakash (2013) tarafından ise sırasıyla %0.69, %1.37, %10.31 ve %3.24 olarak bildirilmiştir. Erdemir (2015), buğday ununda %0.71 kül, %11.79 protein ve %3.55 toplam diyet lifi bulunduğunu ifade etmiştir. Ritthiruangdej ve ark. (2011), buğday ununda %0.45 DN bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Padalino ve ark. (2014), 6 farklı irmik örneğinin kül, protein ve toplam diyet lifi miktarının sırasıyla %0.60-0.91, %10.62-15.26 ve %2.46-5.12 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kaur ve ark. (2013), buğday irmiğinde %0.8 yağ ve %11.8 protein bulunduğunu raporlamışlardır. Sapirstein ve ark. (2007), 11 farklı durum buğdayı çeşidine ait irmik örneklerinin protein içeriğinin %11.1-12.7 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Madenci (2017), buğday irmiğinde %0.80 kül, %0.59 yağ, %10.65 protein ve %5.49 toplam diyet lifi bulunduğunu belirlemiştir. Ficco ve ark. (2016), buğday irmiğinde toplam diyet lifi miktarının %3.0-3.9 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Buğday irmiğinin protein, toplam diyet lifi ve DN miktarları, Fares ve Menga (2012) tarafından sırasıyla %11.1, %5.32 ve %0.65, Khan ve ark. (2013) tarafından ise sırasıyla

%13.43, %4.61 ve %0.42 olarak bulunmuştur. Ovando-Martinez ve ark. (2009), irmikte %0.94 DN bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulguların genel olarak literatürde yer alan sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Dangsungnoen ve ark. (2012), ticari DN'de bulunan kül, yağ, protein ve DN içeriğini sırasıyla %0.14, %0.31, %0.23 ve %38.41 olarak raporlamışlardır. Bae ve ark. (2013), Tip4 DN'de %1.17 kül, %0.28 protein ve %73.8 DN tespit etmişlerdir. Al-Tamimi (2007), ticari DN'de (Tip4) %91.9 toplam diyet lifi ve %83.3 DN bulunduğunu belirlemiştir.

Hammaddelere ait fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Hammaddeler arasında en yüksek fitik asit miktarı ham lüpen ununda (821.93 mg/100 g) bulunmuş, her iki yöntemle acılık giderme işlemi sonucunda lüpen unlarındaki fitik asit miktarı önemli ($p<0.05$) seviyede düşmüştür. Literatürde de kaynatma ve ıslatma işlemlerinin, fitik asit miktarının azaltılmasında etkili olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur (Manez ve ark., 2002; Fagbemi ve ark., 2005; Mubarak, 2005). Acılık giderme işleminde ultrason uygulamasının kullanımı, fitik asit içeriğinde geleneksel yönteme göre avantaj sağlamıştır. Bu durum, ultrasonun kavitasyon etkisi ile kütle transferini hızlandırması ve böylece daha fazla fitik asitin ıslatma suyuna geçmesi ile ilişkilendirilmiştir. Hammaddelerden buğday irmiğinin fitik asit miktarı (340.18 mg/100 g), UALU örneğine (355.12 mg/100 g) yakın bulunmuş, buğday unu (190.21 mg/100 g) ise en düşük fitik asit miktarını vermiştir. DN örneğinin fitik asit miktarı tespit edilemeyecek düzeyde olduğu için, istatistiki analize dahil edilmemiştir.

Çizelge 4.15. Makarna ve ekmek üretiminde kullanılan hammaddelere ait fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks analiz sonuçları[1]

Hammadde	Fitik asit (mg/100 g)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg)	Antioksidan aktivite (% inhibisyon)	*In vitro* glisemik indeks
Ham lüpen unu	821.93±14.34^{a}	1294.35±10.47^{a}	7.28±0.69^{b}	29.03±0.37^{c}
GALU[2]	409.09±9.77^{b}	280.41±5.19^{d}	5.81±0.85^{b}	28.41±0.34^{c}
UALU[3]	355.12±14.09^{c}	286.82±6.70^{d}	5.51±0.68^{b}	29.11±0.38^{c}
Buğday unu	190.21±9.60^{d}	316.87±6.52^{c}	17.04±0.71^{a}	68.78±0.76^{a}
Buğday irmiği	340.18±11.06^{c}	396.68±8.63^{b}	17.41±0.92^{a}	63.94±0.69^{b}
DN[4]	-	215.76±4.09^{e}	18.69±0.76^{a}	29.36±0.45^{c}

[1]Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Hammaddelerin toplam fenolik madde miktarı 215.76-1294.35 mg GAE/kg arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.15). Ham lüpen unu ile karşılaştırıldığında, GALU ve UALU örneklerinin elde edilmesinde kullanılan yöntemlerin, toplam fenolik madde miktarında önemli ($p<0.05$) oranda azalmaya neden olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, GALU ve UALU örneklerinin toplam fenolik madde miktarı birbirine yakın ve buğday unu/irmiği örneklerinden daha düşük bulunmuştur.

Antioksidan aktivite açısından yapılan değerlendirmede; buğday unu (%17.04), buğday irmiği (%17.41) ve DN (%18.69) örneklerinin antioksidan aktivitesinin birbirine yakın ve lüpen unlarından daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.15). Geleneksel yöntem ile karşılaştırıldığında, UALU örneklerinin elde edilmesinde kullanılan ultrason uygulamasının antioksidan aktivite üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. DN'nin antioksidan aktivitesi üzerinde, üretiminde kullanılan kimyasal maddelerin ve üretim yönteminin etkisinin bulunabileceği düşünülmektedir.

Glisemik indeks, karbonhidrat içeren gıdaları sınıflandırmak için kullanılan fizyolojik bir kavramdır. "Glisemik yanıt" terimi ile yakından ilişkilidir. Her ikisi de, bir gıdanın tükedildikten sonra kan şekeri konsantrasyonunu yükseltme yeteneğini ifade etmektedir (Ludwig ve Eckel, 2002). Karbonhidratça zengin gıdalar, glisemik indeks değerine göre üç gruba ayrılmaktadır: düşük glisemik indeks değerine sahip gıdalar (≤55), orta glisemik indeks değerine sahip gıdalar (56-69) ve yüksek glisemik indeks değerine sahip gıdalar (≥70) (Stamataki ve ark., 2017). Gıdanın; nişasta içeriği, nişastanın amiloz/amilopektin oranı, boyutu, işlenme, depolama ve tüketim şekli ile bileşimindeki protein, yağ ve lif miktarı glisemik indeks değeri üzerinde etkili olabilmektedir (Crapo, 1994). Hammaddelerin *in vitro* glisemik indeks değeri 28.41 ve 68.78 arasında değişim göstermiştir. En yüksek *in vitro* glisemik indeks değeri buğday ununda (68.78) belirlenmiş, bunu buğday irmiği (63.94) takip etmiştir. En düşük *in vitro* glisemik indeks değerleri, diyet lifçe zengin DN ve lüpen unlarında (ham lüpen unu, GALU ve UALU) elde edilmiştir (Çizelge 4.15). Bu sonuçlar, literatürde yer alan çalışmalarla paralellik göstermektedir. Literatürde bulunan çalışmalarda, genel olarak nişastalı gıdaların *in vitro* sindirimi ile glisemik indeks düzeyi arasında bir ilişki olduğu, en yüksek kan glikoz yanıtının patateste, en düşük kan glikoz yanıtının ise baklagillerde olduğu bildirilmiştir. Baklagillerin düşük glisemik indekse sahip olmaları, yüksek oranda protein ve amiloz içermeleri ile ilişkilendirilmiştir. Gıdanın bileşimindeki yağ ve proteinin, glisemik indeks üzerinde önemli bir etkisinin bulunduğu; proteinlerin insülin salınımını artırdığı ve karbonhidratlarla kompleks oluşturarak nişastanın sindirimini yavaşlattığı, yağların ise

mideden bağırsağa geçiş süresini uzattığı ve nişasta ile kompleks oluşturarak glisemik indeksi düşürdüğü belirtilmiştir (Ergun, 2014; Karayiyen, 2019).

Lüpende bulunan fitik asit miktarını; Pedrosa ve ark. (2012) 7.54 mg/g, De Carvalho (2005) 0.7 g/100 g, Kyle (1994) %0.79, Porres ve ark. (2005) ise 8.31 mg/g olarak raporlamışlardır. Ertaş ve Bilgiçli (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, ham lüpenin fitik asit miktarı 1486.8 mg/100 g, acılığı giderilmiş lüpenin fitik asit miktarı ise 679.5 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Acılık giderme işleminde uygulanan ıslatma süresi, fitik asit miktarı üzerinde önemli bir etkendir. El Maki ve ark. (2007), ıslatma süresinin artması ile fasulyenin fitik asit içeriğinde daha büyük kayıpların olduğunu bildirmişlerdir. Yarpuz (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, acılığı giderilmiş lüpen ununda 250.01 mg/100 g fitik asit bulunduğu tespit edilmiştir.

Karamac ve ark. (2018), dört farklı lüpen çeşidindeki toplam fenolik madde miktarının 0.74-1.61 mg GAE/g, antioksidan aktivitenin ise 3.98-9.70 mg/ml arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Mohammed ve ark. (2017), ham lüpenin antioksidan aktivitesini %9.59, acılığı giderilmiş lüpenin antioksidan aktivitesini ise %3.49 olarak raporlamışlardır. Antioksidan aktivitedeki bu azalmanın, acılık giderme işleminde uygulanan kaynatma prosesi ile biyoaktif bileşiklerin suya geçmesi ve inaktivasyonundan kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Tsaliki ve ark. (1999) acılığı giderilmiş lüpenin, ham lüpenden daha düşük antioksidan aktivite ve toplam fenolik içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Ultrason destekli ekstraksiyonun pirinç kepeği protein konsantratının bileşimi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrason uygulamasının toplam fenolik madde üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir (Ly ve ark., 2018). Kaya ve ark. (2017) tarafından, ultrason uygulanan bezelye kepeğinin fitik asit miktarının kontrol örneğinden daha düşük olduğu, ancak fenolik madde ve antioksidan aktivite üzerinde ultrasonun önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir.

Wu ve ark. (2010), 8 farklı buğday çeşidinden elde edilen unların fitik asit miktarının 1.66-4.45 mg/g arasında değiştiğini, Türksoy ve ark. (2010) ise, 6 farklı buğday çeşidinden elde edilen unların 110.8-266.9 mg/100 g arasında değişen fitik asit içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Levent ve Yeşil (2019), buğday ununda 162.50 mg/100 g fitik asit, 438.52 mg GAE/kg toplam fenolik madde ve %8.92 antioksidan aktivite bulunduğunu belirlemişlerdir. Yu ve ark. (2004), 3 farklı buğday çeşidinden elde edilen unların toplam fenolik madde miktarının 113-371 mg GAE/kg arasında değişim gösterdiğini bulmuşlar, buğday çeşidi ve yetiştirme koşullarının fenolik madde miktarı

üzerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Topçu (2017), buğday ununun toplam fenolik madde miktarını 4.73 mg GAE/10 g, antioksidan aktivitesini 8.46 mg troloks/10 g olarak bulmuştur. Yılmaz (2011) tarafından 9 farklı buğday çeşidi üzerine yapılan bir çalışmada, endospermden kabuk kısmına doğru gidildikçe toplam fenolik madde miktarının arttığı, fenolik bileşiklerin bağlı formda ve yoğun bir şekilde buğdayın kepek kısmında bulunduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar, öğütme randımanının unun fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, analizde kullanılan ekstraksiyon metodu da sonuçlardaki farklılık üzerinde önemli bir etkendir. Buğday ununun glisemik indeks değeri ise Candal ve Erbaş (2019) tarafından 71.88 olarak bulunmuştur.

Canay (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, 8 farklı durum buğdayı çeşidinden elde edilen irmiğin fitik asit miktarının %0.30-0.47 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Fares ve ark. (2010), 5 farklı irmik örneğinde toplam fenolik madde miktarının 155-416 µg/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Pasqualone ve ark. (2017), buğday irmiğinin antioksidan aktivitesini %12.7 olarak belirlemişlerdir. Gull ve ark. (2018), buğday irmiğinin toplam fenolik içeriğini 0.23 mg GAE/g, antioksidan aktivitesini %11.54 olarak raporlamışlardır.

Karayiyen (2019), endüstriyel olarak ve laboratuvar ortamında üretilmiş Tip4 DN örneklerinin glisemik indeks değerini sırasıyla 47.17 ve 55.18 olarak raporlamıştır. DN'nin saflığı, glisemik indeks değeri üzerinde etkili olabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın sonuçları ile literatürde bulunan sonuçlar farklılık gösterebilmektedir.

4.3.3. Mineral madde

Hammaddelere ait mineral madde analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Hammaddelerin Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P ve Zn miktarları sırasıyla 20.42-179.55 mg/100 g, 0.05-0.71 mg/100 g, 1.85-6.15 mg/100 g, 12.08-980.55 mg/100 g, 4.23-126.45 mg/100 g, 0.15-178.15 mg/100 g, 254.53-789.65 mg/100 g ve 0.10-3.73 mg/100 g arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.16. Makarna ve ekmek üretiminde kullanılan hammaddelere ait mineral madde (mg/100 g) analiz sonuçları[1]

Hammadde	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn
Ham lüpen unu	179.55±2.39^{a}	0.52±0.03^{b}	6.15±0.07^{a}	980.55±6.79^{a}	126.45±1.27^{a}	178.15±1.15^{a}	789.65±11.16^{a}	3.73±0.06^{a}
GALU[2]	157.08±2.26^{b}	0.71±0.04^{a}	3.84±0.08^{c}	23.15±0.61^{d}	53.21±0.66^{b}	65.25±0.62^{b}	750.34±12.46^{b}	2.85±0.07^{c}
UALU[3]	151.10±2.72^{b}	0.63±0.03^{ab}	4.35±0.04^{b}	27.82±0.52^{d}	47.72±0.68^{c}	68.65±0.85^{b}	758.25±11.33^{b}	3.14±0.06^{b}
Buğday unu	24.05±0.85^{c}	0.24±0.04^{c}	1.92±0.04^{e}	245.12±2.45^{c}	31.23±0.64^{e}	0.85±0.08^{c}	254.53±5.83^{e}	0.62±0.04^{e}
Buğday irmiği	25.09±0.91^{c}	0.34±0.03^{c}	2.55±0.07^{d}	377.84±3.35^{b}	41.95±0.79^{d}	1.13±0.07^{c}	363.60±6.19^{d}	1.21±0.06^{d}
DN[4]	20.42±0.79^{c}	0.05±0.01^{d}	1.85±0.06^{e}	12.08±0.40^{e}	4.23±0.08^{f}	0.15±0.03^{c}	654.38±10.04^{c}	0.10±0.01^{f}

[1]Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Ham lüpen unu ile karşılaştırıldığında, acılığı giderilmiş iki lüpen ununun (GALU ve ULAU) da mineral madde miktarında önemli ($p<0.05$) bir azalma olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16). Bu durumun, acılık giderme işlemi esnasında lüpendeki mineral maddelerin ıslatma suyuna geçmesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Bau ve ark., 1997). Ca, Cu, K, Mn ve P açısından, GALU ve UALU arasında önemli ($p>0.05$) bir fark olmadığı belirlenmiştir. En düşük Cu (0.05 mg/100 g), K (12.08 mg/100 g), Mg (4.23 mg/100 g) ve Zn (0.10 mg/100 g) miktarı DN örneğinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, DN'nin bileşimindeki yüksek P içeriği dikkat çekici bulunmuştur. Üretimde kullanılan kimyasal çeşidi ve oranı, DN'nin mineral madde içeriğini etkilemiş olabilir. Woo ve Seib (2002), Tip4 DN üretiminde kullanılan sodyum trimetafosfat:sodyum tripolifosfat oranının 1:99 yerine 99:1 olması ile, DN'nin P içeriğinin %0.03'ten %0.32'ye yükseldiğini raporlamışlardır.

Jahreis ve ark. (2016), ham lüpenin bileşimindeki Ca, Cu, Fe, Mg ve Zn miktarlarını sırasıyla 220, 0.5, 4.6, 162 ve 3.7 mg/100 g olarak bildirmişlerdir. Porres ve ark. (2007), lüpende 139 mg/100 g Ca, 0.72 mg/100 g Cu, 3.80 mg/100 g Fe, 1068 mg/100 g K, 145 mg/100 g Mg, 90.1 mg/100 g Mn, 332.1 mg/100 g P ve 4.30 mg/100 g Zn bulunduğunu belirtmişlerdir. Carvajal-Larenas ve ark. (2013), acılık giderme işlemi ile lüpende bulunan toplam mineral madde miktarında %70.3, Fe miktarında %9.8 ve Zn miktarında %20.8 oranında kayıp olduğunu ifade etmişlerdir. Yorgancılar ve ark. (2009), acılığı giderilmiş lüpenin Cu, Fe, K ve Mg miktarlarını sırasıyla 7.00, 39.31, 249.34 ve 935.83 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Levent ve Bilgiçli (2011), acılığı giderilmiş lüpen ununda 396 mg/100 g Ca, 1.79 mg/100 g Cu, 4.62 mg/100 g Fe, 59.2 mg/100 g K, 100.5 mg/100 g Mg, 152.89 mg/100 g Mn, 615.5 mg/100 g P ve 5.29 mg/100 g Zn bulunduğunu raporlamışlardır. Mineral miktarındaki farklılıklar, acılık giderme prosesinde uygulanan yöntemler ile lüpenin çeşidi ve yetiştirme koşullarından kaynaklanmış olabilir.

Bilgiçli (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, buğday ununun bileşiminde 20.1 mg/100 g Ca, 0.33 mg/100 g Cu, 1.35 mg/100 g Fe, 195 mg/100 g K, 34 mg/100 g Mg, 0.35 mg/100 g Mn, 210 mg/100 g P ve 1.22 mg/100 g Zn bulunmuştur. Bilgiçli ve ark. (2014), buğday ununun Ca, Cu, Fe, K, Mg, P ve Zn miktarlarını sırasıyla 253.2, 7.5, 12.3, 1302.6, 381.2, 1422.1 ve 5.4 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Madenci ve ark. (2018), buğday irmiğinin bileşiminde bulunan Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P ve Zn miktarını sırasıyla 26.43, 0.33, 1.62, 236.57, 36.77, 0.86, 201.12 ve 1.50 mg/100 g olarak belirlemişlerdir. Köten (2010) tarafından, buğday irmiğinin Ca, Cu, Fe,

K, Mg ve Zn miktarları sırasıyla 254.00, 3.05, 18.60, 2071.00, 421.00 ve 14.00 mg/kg olarak bildirilmiştir.

Ceylan (2020), Tip4 DN'nin bileşiminde 22.0 mg/100 g Ca, 2.9 mg/100 g Fe, 19.7 mg/100 g K, 4.1 mg/100 g Mg ve 0.2 mg/100 g Zn bulunduğunu bildirmiştir. Kahraman (2011), laboratuvar ortamında üretilen 14 farklı Tip4 DN örneğinin P içeriğinin %0.01-0.50 arasında değiştiğini tespit etmiştir.

4.4. Makarna Analiz Sonuçları

Kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş GALU ve UALU örnekleri %0, 10, 15 ve 20 oranlarında ayrı ayrı makarna üretiminde kullanılmış, ayrıca her lüpen unu oranına %0, 5 ve 10 oranlarında DN ilave edilmiştir. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine ait analiz sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

4.4.1. Renk değerleri

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin renk değerleri (L^*, a^*, b^* ve ΔE) Çizelge 4.17'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Makarna örneklerinin L^* değerleri 55.03-59.30 arasında değişmiş ve ortalama L^* değeri 57.47 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.17). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin L^* değeri üzerinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından karşılaştırıldığında, GALU ve UALU'nun makarna örneklerinin L^* değeri üzerinde benzer etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile makarna örneklerinin ortalama L^* değeri 57.87'den 56.43'e düşmüştür (Çizelge 4.19). Makarna kurutma prosesinde, enzimatik olmayan esmerleşme ile ilişkili olan Maillard reaksiyonu kolayca meydana gelebilmektedir. Lüpen proteininde, irmikten daha yüksek oranda lisin bulunması, daha fazla miktarda Maillard reaksiyonu ürününün açığa çıkmasına neden olabilmektedir (Doxastakis ve ark., 2007). Maillard reaksiyonu ile artan esmerleşme, makarna örneklerinde L^* değerinin azalmasına neden olabilmektedir (Acquistucci, 2000).

Elde edilen sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, DN ilavesi ile *L** değerinin arttığı belirlenmiştir. %5 ve 10 DN içeren makarna örneklerinin *L** değerleri aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.19). Beyaz renkteki DN'nin diğer hammaddelerden daha yüksek olan *L** değerinin (Çizelge 4.13), makarna örneklerinin *L** değerine de yansıdığı görülmüştür (Çizelge 4.19).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarnaların ortalama *a** değeri 2.17 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.17). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin *a** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU örneklerinin ortalama *a** değeri 2.22, UALU örneklerinin ortalama *a** değeri ise 2.11 olarak tespit edilmiş ve istatistiki açıdan lüpen unu çeşidinin *a** değeri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.17. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine ait renk değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	*L**	*a**	*b**	ΔE
GALU[3]	0	0	57.41±0.91	0.28±0.31	29.57±0.68	-
		5	57.71±0.99	0.13±0.17	28.98±0.85	0.68±0.67
		10	58.18±1.34	0.04±0.16	28.12±0.88	1.66±0.56
	10	0	57.14±0.85	2.18±0.27	31.69±1.06	2.86±0.60
		5	58.91±1.24	1.81±0.17	30.63±0.91	2.39±0.84
		10	59.30±0.92	1.62±0.13	30.19±0.65	2.40±0.96
	15	0	56.23±0.82	3.21±0.28	32.43±0.78	4.26±0.83
		5	57.67±1.05	2.82±0.16	31.96±0.89	3.50±0.96
		10	58.25±0.79	2.36±0.14	30.85±0.96	2.59±0.81
	20	0	55.72±1.15	4.45±0.25	33.33±0.78	5.87±1.01
		5	56.60±0.85	4.01±0.18	32.75±0.93	4.97±1.12
		10	57.32±1.10	3.79±0.17	31.52±0.75	4.02±0.93
UALU[4]	0	0	57.95±0.93	0.25±0.33	29.85±0.95	-
		5	57.36±1.09	0.10±0.14	28.53±0.86	1.45±0.79
		10	58.65±0.75	0.05±0.18	28.44±0.98	1.59±0.77
	10	0	56.95±1.07	2.01±0.34	31.87±0.81	2.86±0.99
		5	58.23±0.91	1.65±0.20	31.18±0.81	1.95±1.07
		10	59.12±1.01	1.43±0.14	30.25±0.95	1.71±0.95
	15	0	56.05±0.81	3.13±0.27	32.78±0.88	4.53±0.90
		5	57.41±0.68	2.88±0.20	31.76±1.03	3.29±0.81
		10	58.17±0.95	2.19±0.14	31.08±0.85	2.31±0.89
	20	0	55.03±0.93	4.26±0.24	33.74±0.83	6.30±0.87
		5	56.81±0.75	3.81±0.16	32.64±0.72	4.66±0.77
		10	57.15±0.68	3.54±0.17	31.85±0.79	3.93±0.92
Minimum-maksimum			55.03-59.30	0.04-4.45	28.12-33.74	0.68-6.30
Ortalama±std			57.47±1.26	2.17±1.45	31.08±1.68	3.17±1.61

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.18. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.203	0.223ns	0.163	3.581ns	0.317	0.413ns
Lüpen unu oranı (B)	3	7.631	8.376**	31.527	691.122**	30.644	39.893**
DN[2] oranı (C)	2	11.823	12.977**	1.413	30.976**	10.508	13.680**
AxB	3	0.180	0.198ns	0.025	0.557ns	0.026	0.034ns
AxC	2	0.078	0.086ns	0.005	0.100ns	0.144	0.187ns
BxC	6	0.717	0.787ns	0.094	2.069ns	0.063	0.082ns
AxBxC	6	0.153	0.168ns	0.004	0.078ns	0.091	0.118ns
Hata	24	0.911		0.046		0.768	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.19. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	24	57.54±1.05[a]	2.22±1.52[a]	31.00±1.58[a]
UALU[3]	24	57.41±1.13[a]	2.11±1.47[a]	31.16±1.64[a]
Lüpen unu oranı (%)				
0	12	57.87±0.49[ab]	0.14±0.10[d]	28.91±0.68[d]
10	12	58.27±1.02[a]	1.78±0.28[c]	30.96±0.72[c]
15	12	57.29±0.95[b]	2.76±0.41[b]	31.81±0.75[b]
20	12	56.43±0.89[c]	3.97±0.33[a]	32.63±0.85[a]
DN[4] oranı (%)				
0	16	56.56±0.97[b]	2.47±1.61[a]	31.91±1.52[a]
5	16	57.58±0.74[a]	2.15±1.50[b]	31.05±1.58[b]
10	16	58.26±0.77[a]	1.87±1.40[c]	30.28±1.36[c]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Lüpen unu oranı açısından yapılan değerlendirmede, makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu miktarının artması ile örneklerin *a** değerinin yükseldiği gözlenmiştir (Çizelge 4.19). Oliver ve ark. (1993), *a** değerindeki artışın genel olarak enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının gelişimi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Lüpen ununun irmikten daha yüksek oranda lisin içermesinin Maillard reaksiyonu ürünlerinde artışa neden olduğu ve böylece lüpen unu içeren makarnaların, lüpen unu katkısız makarnalara göre daha yüksek *a** değerine sahip olduğu tahmin edilmektedir (Doxastakis ve ark., 2007).

Örneklerin *a** değerleri DN oranı açısından karşılaştırıldığında, DN içeren örneklerin DN içermeyenlerden daha düşük *a** değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ortalama *a** değeri DN ihtiva etmeyen örneklerde 2.47 olarak bulunurken, %5 ve 10 DN içeren örneklerde sırasıyla 2.15 ve 1.87 olarak tespit edilmiştir. En düşük *a** değeri %10 DN ilavesiyle hazırlanan makarna örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Makarnanın rengi, esansiyel bir kalite parametresidir. Genellikle, tüketiciler parlak sarı renkli bir makarnayı tercih etmektedirler (Debbouz ve ark., 1993). Makarna örneklerinin *b** değerleri 28.12-33.74 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.17). Varyans analizi sonuçlarına göre, *b** değeri üzerinde lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Lüpen unu çeşidi açısından yapılan karşılaştırmada, GALU örneklerinin ortalama *b** değeri 31.00, UALU örneklerinin ortalama *b** değeri 31.16 olarak belirlenmiştir.

Ancak lüpen unu çeşidinin makarnaların *b** değeri üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.19).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde; ilave edilen lüpen unu miktarı arttıkça, makarna örneklerinin *b** değerinin de arttığı gözlenmiştir. %0 lüpen unu içeren örneklerin ortalama *b** değeri 28.91, %20 lüpen unu içeren örneklerin ortalama *b** değeri ise 32.63 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.19). Lüpen unu ilavesiyle makarna örneklerinin *b** değerinde görülen artışın, lüpen ununun irmikten daha yüksek oranda karotenoid içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Mohamed ve Rayas-Duarte, 1995; Wang ve ark., 2008).

DN oranına göre yapılan değerlendirmede; en yüksek *b** değerinin (31.91) DN ilave edilmemiş makarna örneklerinde, en düşük *b** değerinin (30.28) ise %10 DN içeren makarnalarda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.19). Sarı renkteki buğday irmiğine beyaz renkli DN'nin ilave edilmesi ile üretilen makarna örneklerinin *b** değerinin, DN içermeyen örneğe göre düşük olması beklenen bir durumdur.

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarnaların ΔE değerleri 0.68-6.30 arasında değişmiş, ortalama ΔE değeri 3.17 olarak belirlenmiştir. Lüpen unu ve DN içermeyen örneklerin ΔE değerleri hesaplanmadığı için, sonuçlar varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmamıştır. Ham sayılar üzerinden yapılan değerlendirmede, hem GALU hem de UALU içeren örneklerde lüpen unu oranındaki artışın ΔE değerini artırdığı, DN oranındaki artışın ise ΔE değerini düşürdüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.17).

Lin ve Huang (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, konjac unu ultrason uygulamasına tabi tutularak sosis üretiminde kullanılmıştır. Ultrason uygulamasına tabi tutulmamış konjac unu içeren sosis ile karşılaştırıldığında, ultrason uygulamasının sosislerin *L**, *a** ve *b** değerleri üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı belirlenmiştir.

Jayasena ve Nasar-Abbas (2012), %100 buğday irmiği kullanılarak üretilen makarnanın *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 56.7, 1.5 ve 34.4 olarak, 90:10 buğday irmiği:lüpen unu (*L. angustifolius* L.) kullanılarak üretilen makarnanın aynı değerlerini ise sırasıyla 57.2, 2.7 ve 33.8 olarak bulmuşlar, artan lüpen unu oranıyla birlikte ΔE değerinin de arttığını ifade etmişlerdir.

Svec ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, buğday irmiği ile üretilen yumurtalı makarnanın *L**, *a** ve *b** değerleri sırasıyla 90.6, 1.1 ve 14.3 olarak, buğday

irmiğinin %20 oranında lüpen unu ile ikame edilmesiyle üretilen yumurtalı makarnanın *L**, *a**, *b** ve ΔE değerleri ise sırasıyla 82.7, 2.4, 23.4 ve 12.1 olarak raporlanmıştır.

Arıbaş ve ark. (2020b) tarafından yapılan bir çalışmada; *L**, *a** ve *b** değerleri, DN içermeyen makarnada sırasıyla 54.04, 2.12 ve 16.12, %15 oranında DN içeren makarnada ise 56.14, 1.37 ve 15.15 olarak bulunmuştur.

Erişte üretiminde %0, 5, 10 ve 15 oranlarında DN kullanılan bir çalışmada; %10 oranında DN içeren örneğin *L** değerinin kontrolden (%0 DN) daha yüksek olduğu, *a** ve *b** değerlerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir (Dündar, 2014).

4.4.2. Pişirme testi ve sıkılık analiz sonuçları

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen makarna örneklerine ait pişirme testi (ağırlık artışı, hacim artışı ve SGKM) ve pişirilmiş makarnalara ait sıkılık analiz sonuçları Çizelge 4.20'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

4.4.2.1. Ağırlık artışı

Makarna örneklerinin ağırlık artışı değerleri %135.28-147.17 arasında değişmiştir (Çizelge 4.20). Varyans analizi sonuçlarına göre ağırlık artışı üzerinde, lüpen unu oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde, DN oranı faktörü ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU içeren örneklerin ortalama ağırlık artışı sonuçlarının (%141.00), UALU içeren örneklerin ağırlık artışı sonuçlarına (%140.59) benzer olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Lüpen unu oranı açısından yapılan değerlendirmede, makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile ağırlık artışı değerlerinin %143.77'den %137.75'e düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Dexter ve ark. (1978), pişmiş makarnada ağırlık artışının, nişasta granüllerinin şişme derecesiyle doğrudan ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek nişasta içeriği daha fazla su alımını sağlamaktadır. Lüpen ununun nişasta içeriğinin yok denecek kadar az olması ve artan lüpen unu oranı ile birlikte makarnanın nişasta içeriğinin azalması, ağırlık artışında azalmaya neden olmuş olabilir.

Çizelge 4.20. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine ait pişirme testi ve sıkılık analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Ağırlık artışı (%)	Hacim artışı (%)	SGKM[3] (%)	Sıkılık (g)
GALU[4]	0	0	145.15±2.62	215.24±2.84	4.50±0.11	1430±14.27
		5	142.23±4.17	212.17±1.81	5.35±0.16	1404±8.49
		10	141.36±2.67	212.31±3.31	5.98±0.23	1322±11.31
	10	0	143.47±1.29	208.43±1.63	5.47±0.18	1319±9.90
		5	142.24±4.30	206.12±1.60	6.15±0.21	1276±12.73
		10	140.19±3.05	204.38±3.20	6.14±0.25	1224±8.49
	15	0	142.11±1.61	206.10±2.88	5.81±0.17	1221±9.90
		5	140.02±4.29	203.08±1.56	5.93±0.13	1158±11.31
		10	138.48±1.56	204.15±3.32	6.13±0.14	1116±12.73
	20	0	140.35±2.40	200.28±3.86	6.44±0.17	1133±14.14
		5	138.19±1.50	197.39±3.89	6.91±0.13	1080±12.73
		10	138.26±2.62	197.34±2.84	7.60±0.18	1035±16.97
UALU[5]	0	0	147.17±1.68	212.52±1.91	4.72±0.14	1466±13.60
		5	144.30±2.90	210.16±3.52	5.48±0.11	1424±9.90
		10	142.43±2.57	209.36±1.70	6.09±0.18	1347±11.31
	10	0	142.28±2.98	206.05±3.68	5.65±0.16	1259±12.73
		5	141.16±3.00	205.45±1.23	5.94±0.20	1185±11.31
		10	140.24±1.63	203.22±2.77	6.36±0.18	1139±12.73
	15	0	140.31±2.88	205.36±3.71	5.89±0.25	1169±12.73
		5	140.15±3.54	200.30±4.07	6.04±0.20	1149±9.90
		10	139.41±1.80	200.24±3.13	6.12±0.23	1087±12.73
	20	0	137.18±3.11	197.35±1.46	6.27±0.17	1045±9.90
		5	137.23±2.01	194.18±2.74	6.23±0.21	1036±7.07
		10	135.28±4.13	192.36±2.86	6.79±0.16	983±12.73
Minimum-maksimum			135.28-147.17	192.36-215.24	4.50-7.60	983-1466
Ortalama±std			140.80±3.36	204.31±6.33	6.00±0.65	1209±138.27

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Suya geçen kuru madde. [4]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [5]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Makarna örneklerine eklenen DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada; %10 DN içeren örneklerin ortalama ağırlık artışı değerlerinin (%139.45), DN içermeyen örneklerden (%142.25) daha düşük olduğu, %5 oranında DN ilavesi ile hazırlanan makarnaların ortalama ağırlık artışı değerinin ise DN içermeyen örnekler ile aynı grupta yer aldığı görülmüştür (Çizelge 4.22).

Doxastakis ve ark. (2007), makarna üretiminde %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen protein izolatı kullanmışlar, lüpen protein izolatı oranının artması ile birlikte pişmiş makarna örneklerinin ağırlığının kontrole göre azaldığını raporlamışlardır. Benzer sonuçlar Shreenithee ve Prabhasankar (2013) tarafından da bildirilmiş, sarı bezelye unu ilavesi ile pişmiş makarna ağırlığının kontrole göre azaldığı belirtilmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin pişirme testi ve sıkılık analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ağırlık artışı		Hacim artışı		SGKM[2]		Sıkılık	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	2.009	0.251ns	77.216	9.399**	0.057	1.738ns	15372.521	109.787**
Lüpen unu oranı (B)	3	77.226	9.637**	490.743	59.738**	3.680	111.439**	258971.521	1849.521**
DN[3] oranı (C)	2	31.420	3.921*	54.909	6.684**	2.608	78.984**	39207.646	280.013**
AxB	3	8.514	1.062ns	2.657	0.323ns	0.318	9.634**	6446.076	46.037**
AxC	2	1.249	0.156ns	1.527	0.186ns	0.066	2.003ns	103.396	0.738ns
BxC	6	1.256	0.157ns	1.584	0.193ns	0.258	7.803**	396.313	2.830*
AxBxC	6	1.003	0.125ns	1.102	0.134ns	0.037	1.131ns	413.951	2.956*
Hata	24	8.014		8.215		0.033		140.021	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Suya geçen kuru madde. [3]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.22. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin pişirme testi ve sıkılık analiz değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ağırlık artışı (%)	Hacim artışı (%)	SGKM[2] (%)	Sıkılık (g)
Lüpen unu çeşidi					
GALU[3]	24	141.00±2.16^{a}	205.58±5.75^{a}	6.03±0.78^{a}	1226±126.79^{a}
UALU[4]	24	140.59±3.25^{a}	203.04±6.33^{b}	5.96±0.52^{a}	1190±154.65^{b}
Lüpen unu oranı (%)					
0	12	143.77±2.18^{a}	211.96±2.06^{a}	5.35±0.65^{c}	1398±54.18^{a}
10	12	141.59±1.30^{ab}	205.61±1.77^{b}	5.95±0.34^{b}	1233±65.02^{b}
15	12	140.08±1.20^{bc}	203.20±2.50^{b}	5.98±0.13^{b}	1150±46.03^{c}
20	12	137.75±1.67^{c}	196.48±2.79^{c}	6.71±0.52^{a}	1052±50.40^{d}
DN[5] oranı (%)					
0	16	142.25±3.10^{a}	206.42±5.86^{a}	5.59±0.69^{c}	1255±144.72^{a}
5	16	140.69±2.30^{ab}	203.61±6.15^{b}	6.00±0.48^{b}	1214±142.37^{b}
10	16	139.45±2.19^{b}	202.92±6.36^{b}	6.40±0.55^{a}	1156±130.86^{c}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Suya geçen kuru madde. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [5]Dirençli nişasta.

Shin ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada; DN içermeyen kontrol erişte örneği ile karşılaştırıldığında, DN ilavesinin pişmiş erişte ağırlığını azalttığı tespit edilmiştir.

4.4.2.2. Hacim artışı

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin hacim artışı sonuçları %192.36-215.24 arasında değişmiş, ortalama hacim artışı değeri %204.31 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.20). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri, makarna örneklerinin hacim artışı sonuçları üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Lüpen unu çeşidi açısından yapılan değerlendirmede, UALU içeren örneklerin ortalama hacim artışı değeri (%203.04), GALU içeren örneklerin ortalama hacim artışı değerinden (%205.58) daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.22). Bu durumun, uzun süreli ultrason uygulamasının lüpen ununda bulunan proteinlerin su tutma kapasitesini azaltması ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Resendiz-Vazquez ve ark. (2017), ultrason uygulamasının proteinlerin moleküler yapısının denatürasyonuna ve proteinlerin hidrofobik yüzeyinde artışa neden olarak, proteinlerin su tutma kapasitesini azaltabileceğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, bu fark istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunsa da, sayısal olarak oldukça küçüktür.

Hacim artışı sonuçları lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında; en yüksek hacim artışı değerinin (%211.96) lüpen unu içermeyen örneklerde, en düşük hacim artışı değerinin (%196.48) ise %20 oranında lüpen unu ihtiva eden örneklerde bulunduğu görülmüştür (Çizelge 4.22). Lüpen ununda bulunan toplam diyet lifinin önemli bir kısmı çözünmeyen liften oluşmaktadır (Hofmanova ve ark., 2014). Çözünmeyen lif miktarının artması, makarnanın mikro yapısındaki gluten matrisinin zayıflamasına neden olabilmektedir (Tudorica ve ark., 2002). Aravind ve ark. (2012), çözünmeyen lif ilavesinin makarnanın su absorbsiyon kapasitesini azalttığını bildirmişlerdir. Lüpen unu ilavesiyle makarna örneklerinin hacim artışı değerindeki azalma, çözünmeyen lif miktarındaki artış ve gluten oranının seyrelmesi ile ilişkilendirilmektedir.

Elde edilen sonuçlar DN oranı yönünden değerlendirildiğinde, DN ilavesinin makarna örneklerinin hacim artışı değerinin düşmesine neden olduğu, %5 ve 10 oranlarında DN içeren örneklerin ise birbirine yakın hacim artışı sonuçları verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). İrmiğin bileşiminde bulunan proteinler, DN'den daha fazla miktarda su absorblayabilmektedir. Aynı zamanda Nugent (2005), DN'nin diğer liflerden daha düşük su tutma kapasitesine sahip olduğunu bildirmiştir. DN ilavesi ile makarnanın protein miktarının azalması, su tutma kapasitesinin düşmesine ve DN içeren örneklerin daha düşük hacim artışı değerlerine sahip olmasına neden olmuş olabilir (Vernaza ve ark., 2012).

Bilgiçli ve İbanoğlu (2015), erişte formülasyonunda lüpen ununa yer verilmesi ile eriştenin hacim artışı değerinin azaldığını; kontrol erişte örneğinde %219 olan hacim artışı değerinin, %20 oranında lüpen unu içeren eriştede %203'e düştüğünü bildirmişlerdir.

Bustos ve ark. (2011a), makarna üretiminde %0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0 oranlarında Tip4 DN kullanmışlar, makarna örneklerine ilave edilen DN miktarının artması ile birlikte ağırlık artışı ve hacim artışı değerlerinin DN içermeyen örneğe göre azaldığını belirlemişlerdir. Bu durum üzerinde, kimyasal olarak çapraz bağlanmış Tip4 DN'nin yapısal farklılığının oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir. Tip4 DN makarna formülasyonuna eklendiğinde, iyi bir şekilde etkileşime girememekte ve protein-nişasta matrisinde çok fazla boşluk oluşturabilmektedir.

4.4.2.3. Suya geçen kuru madde (SGKM) miktarı

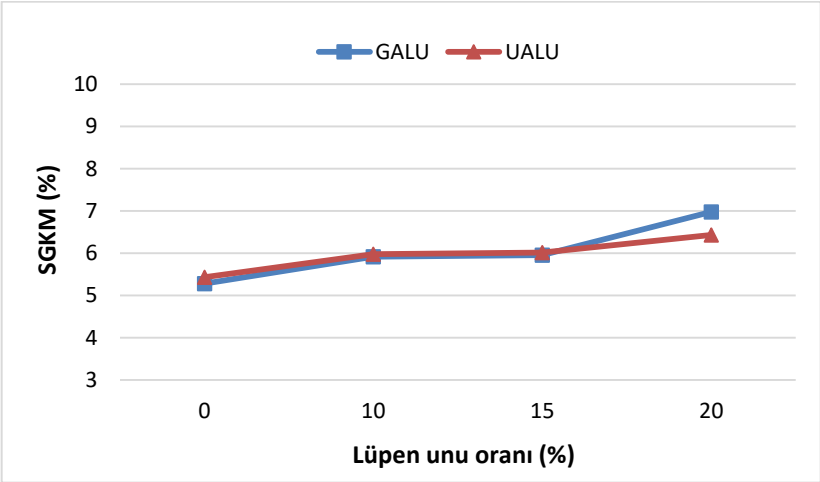
Pişmiş makarnanın SGKM miktarı, genel pişme kalitesinin bir indikatörü olarak değerlendirilmektedir. Makarna örneklerinin SGKM miktarı %4.50-7.60 arasında değişmiştir (Çizelge 4.20). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin SGKM miktarı üzerinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* ve *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; GALU içeren makarnaların ortalama %6.03, UALU içeren örneklerin ise ortalama %5.96 SGKM miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, lüpen unu çeşidine bağlı olarak makarna örneklerinin SGKM miktarı üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşmamıştır (Çizelge 4.22).

Sonuçlar lüpen unu oranına göre değerlendirildiğinde; lüpen unu ilave edilmeden üretilen makarnaların SGKM miktarının, lüpen unu içeren makarnalardan daha düşük olduğu, en yüksek SGKM miktarının ise %20 oranında lüpen unu içeren makarnalarda bulunduğu görülmüştür (Çizelge 4.22). Makarna formülasyonunun baklagil unları ile zenginleştirildiği birçok çalışmada da SGKM miktarı açısından benzer sonuçlar elde edilmiş, bu durumun makarna formülasyonuna baklagil unu ilavesi ile gluten ağının zayıflaması ve böylece daha fazla katı maddenin pişme suyuna sızmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Bergman ve ark., 1994; Zhao ve ark., 2005; Tazrart ve ark., 2016). Bu çalışmada da, lüpen unu ilavesi ile makarnada gluten oranının seyreldiği ve bu nedenle lüpen unu katkılı makarnalarda SGKM miktarının arttığı düşünülmektedir.

DN oranı açısından yapılan değerlendirmede, makarna örneklerinin ortalama SGKM miktarının %5.59-6.40 arasında değiştiği, en düşük SGKM miktarının DN içermeyen örneklerde, en yüksek SGKM miktarının ise %10 DN bulunan örneklerde elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.22). Makarna örneklerine lüpen unu ilavesinde olduğu gibi, gluten içermeyen DN'nin ilavesi ile makarnanın bileşimindeki glutenin seyrelmesi nedeniyle genel yapının zayıfladığı, bunun da katı maddelerin pişme suyuna daha kolay bir şekilde sızmasına neden olduğu tahmin edilmektedir (Izydorczyk ve ark., 2005). Bunun yanında, Sözer ve ark. (2007) SGKM miktarındaki artışın, makarnaya ilave edilen DN'nin bileşimindeki amilozun çözünerek pişme suyuna geçmesi ile ilişkili olduğunu raporlamışlardır.

Makarna örneklerinin SGKM miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu Şekil 4.12'de gösterilmiştir. GALU ve UALU içeren makarnaların SGKM miktarının birbirine yakın olduğu, her iki lüpen unu çeşidinde de lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile örneklerin SGKM miktarının arttığı görülmektedir. %20 lüpen unu ilave oranında GALU ve UALU ilaveli örneklerin SGKM miktarları arasındaki fark hafif açılmıştır.

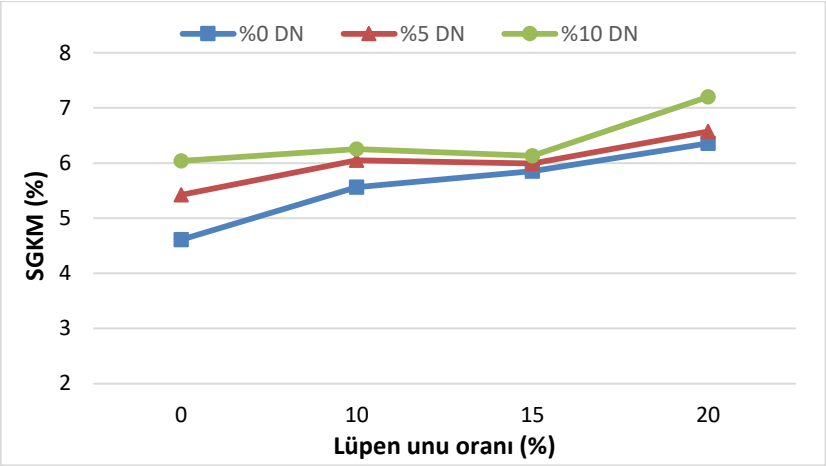


Şekil 4.12. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin SGKM miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarnaların SGKM miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.13'te gösterilmiştir. %10 DN içeren makarnaların diğer örneklerden daha yüksek SGKM miktarına sahip olduğu, her üç DN oranında da lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile örneklerin SGKM miktarının arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada üretilen bütün makarna örneklerine ait SGKM miktarı %10'un altındadır (Çizelge 4.20) ve bu da makarnaların pişme kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir (Wojtowicz ve Mosciki, 2014).

Niu ve ark. (2014) erişte üretiminde ultrason uygulamasına tabi tutulmuş tam buğday unu kullanmışlar, ultrason uygulanmamış tam buğday unu kullanılarak üretilen erişte (11.35 g/100 g) ile ultrason uygulanmış tam buğday unu içeren eriştenin (11.59 g/100 g) SGKM miktarı arasında istatistiki açıdan bir fark oluşmadığını belirlemişlerdir.

Torres ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, makarna üretiminde %10 oranında lüpen unu kullanımı ile, SGKM miktarının lüpen unu içermeyen kontrol örneğine göre artış gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin SGKM miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Mahmoud ve ark. (2012), kontrol buğday unu eriştesinin SGKM miktarını %5.85, %20 oranında lüpen unu ilave edilerek üretilmiş eriştenin SGKM miktarını ise %6.25 olarak raporlamışlardır.

Vernaza ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, makarna formülasyonuna ilave edilen DN oranının %3.7'den %21.3'e yükselmesi ile, makarna örneklerinin ağırlık artışı ve hacim artışı değerlerinin azaldığı, SGKM miktarının ise arttığı görülmüştür.

Farklı oranlarda (%0, 10 ve 20) DN kullanılarak makarna üretilen bir çalışmada, SGKM miktarı DN içermeyen makarnada %5.2, %10 DN içeren makarnada ise %6.0 olarak bulunmuştur (Gelencser ve ark., 2008).

Erişte üretiminde %0, 5 ve 10 oranlarında DN kullanılan bir çalışmada, erişte örneklerinin SGKM miktarı sırasıyla %4.49, 6.13 ve 6.25 olarak belirlenmiştir (Menon ve ark., 2015).

4.4.2.4. Sıkılık

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ihtiva eden makarnaların sıkılık değerleri 983-1466 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.20). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin sıkılık değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde, *"lüpen unu oranı x DN oranı"* ve *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonları ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Lüpen unu çeşidi açısından yapılan değerlendirmede; UALU içeren makarna örneklerinin (1190 g), GALU içeren örneklerden (1226 g) daha düşük sıkılık değerine

sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Ultrason uygulamasına tabi tutulmuş lüpen unu kullanılarak üretilen makarnaların daha düşük sıkılık değeri vermesi, ultrasonun mekanik etkisinin lüpen proteinlerinde neden olduğu yapısal değişiklikler ile ilgili olabilir (Cheng ve ark., 2019). Zhang ve ark. (2020), ultrason uygulamasının protein molekülünün yüzeyindeki hidrofilik/hidrofobik özelliklerde değişikliklere yol açarak, su absorbsiyon özelliğini etkileyebildiğini bildirmişlerdir.

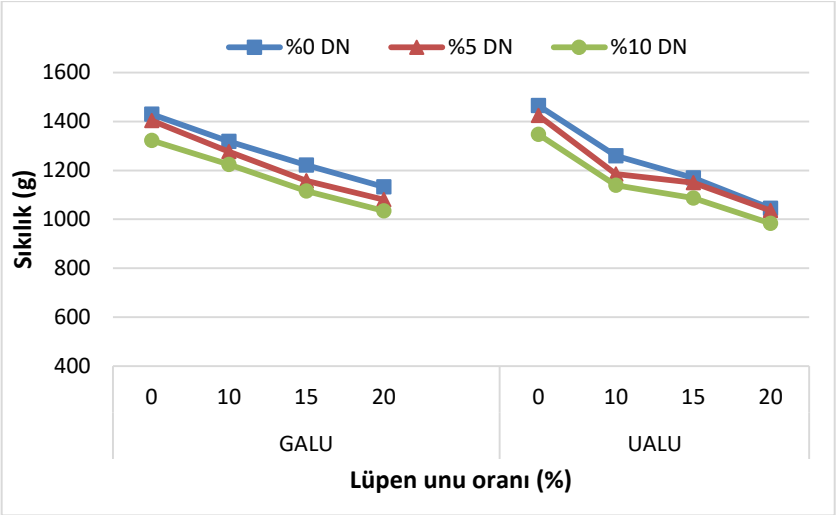
Sonuçlar lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde; makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu oranındaki artışın sıkılık değerinin azalmasına neden olduğu ve en düşük ortalama sıkılık değerinin (1052 g), en yüksek oranda (%20) lüpen unu içeren örneklerde bulunduğu görülmüştür (Çizelge 4.22). Jayasena ve Nasar-Abbas (2012); lüpen unu oranının artması ile makarnanın sıkılık değerinde görülen azalmanın, makarnanın mikro yapısındaki protein-nişasta matrisini bozan lif içeriğindeki artıştan kaynaklanabileceğini belirtmektedirler.

Makarna örneklerinin sıkılık değeri DN oranı açısından karşılaştırıldığında, DN ilavesinin örneklerin sıkılık değerini düşürdüğü görülmüştür. DN bulunmayan örneklerin ortalama sıkılık değeri 1255 g olarak bulunurken, %5 ve 10 DN içeren makarnalara ait ortalama sıkılık değerleri sırasıyla 1214 g ve 1156 g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.22).

Makarna örneklerinin sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Her iki lüpen unu çeşidini (GALU ve UALU) içeren makarna örneklerinde de, ilave edilen lüpen unu ve DN oranındaki artış, örneklerin sıkılık değerinin azalması ile sonuçlanmıştır. Sıkılık parametresi açısından pişme kalitesindeki farklılıkların esas etkeninin gluten olduğu belirtilmektedir. Doxastakis ve ark. (2007), yüksek oranda gluten içeren pişmiş makarnanın, düşük oranda gluten içeren makarnaya göre daha sıkı olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada da, lüpen unu ve DN ilavesi ile makarna örneklerinin sıkılık değerinin azalması, gluten içeriğinin seyrelmesine atfedilmektedir.

Makarna üretiminde farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) bezelye unu kullanılan bir çalışmada, bezelye unu oranındaki artışla birlikte makarna örneklerinin sıkılık değerinin kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (Sudha ve Leelavathi, 2012).

Wood ve ark. (2009), makarnanın %25-30 oranlarında nohut unu ile zenginleştirilmesiyle sıkılık değerinin kontrol makarnadan daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar 25:5 oranında nohut unu:kinoa unu kullanarak makarna üreten Slinkard (2014) tarafından da elde edilmiştir.



Şekil 4.14. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Hernandez-Nava ve ark. (2009), makarna üretiminde DN kullanımının sıkılık değerinde azalmaya neden olduğunu, bu durumun formülasyona eklenen DN sebebiyle gluten proteinlerinin seyrelmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Vignaux ve ark. (2005) ise; sıkılık değerindeki azalmanın, amiloz-protein interaksiyonlarının azalmasından dolayı, pişme süresince çözünür katı maddelerin kaybından dolayı olduğunu belirtmişlerdir.

4.4.3. Kimyasal analiz sonuçları

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen makarna örneklerine ait kimyasal analiz (kül, yağ, protein, toplam diyet lifi, DN, fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks) sonuçları Çizelge 4.23 ve 4.26'da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.24 ve 4.27'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.25 ve 4.28'de verilmiştir.

4.4.3.1. Kül

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin kül miktarı %0.98-1.22 arasında değişmiş ve ortalama kül miktarı %1.11 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri, örneklerin kül miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.23. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine ait kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Toplam diyet lifi (%)	DN (%)
GALU[3]	0	0	1.00±0.07	0.71±0.10	11.94±0.19	4.12±0.18	0.65±0.14
		5	1.06±0.03	0.68±0.13	11.38±0.33	8.51±0.40	3.58±0.24
		10	1.12±0.04	0.65±0.11	10.58±0.28	12.13±0.58	8.42±0.58
	10	0	1.05±0.06	1.77±0.10	14.84±0.27	9.14±0.21	0.61±0.13
		5	1.11±0.04	1.72±0.13	13.94±0.31	12.96±0.51	4.12±0.28
		10	1.18±0.07	1.70±0.17	13.63±0.25	17.03±0.59	9.16±0.85
	15	0	1.08±0.08	2.30±0.13	16.19±0.18	10.74±0.44	0.59±0.17
		5	1.13±0.04	2.25±0.16	15.56±0.21	15.08±0.71	3.97±0.23
		10	1.19±0.08	2.21±0.18	14.94±0.19	19.25±0.55	8.82±0.57
	20	0	1.09±0.07	2.81±0.17	17.53±0.28	13.48±0.69	0.58±0.14
		5	1.14±0.04	2.77±0.16	17.03±0.22	16.57±0.64	3.79±0.20
		10	1.22±0.06	2.74±0.18	16.33±0.21	23.41±0.81	8.94±0.75
UALU[4]	0	0	0.98±0.07	0.68±0.10	12.08±0.24	4.25±0.16	0.73±0.13
		5	1.07±0.08	0.65±0.16	11.52±0.23	8.63±0.41	3.95±0.18
		10	1.11±0.08	0.60±0.18	10.73±0.18	12.01±0.64	8.64±0.74
	10	0	1.03±0.03	1.86±0.13	15.00±0.27	9.62±0.52	0.62±0.17
		5	1.08±0.07	1.81±0.21	14.33±0.23	13.15±0.58	3.86±0.20
		10	1.17±0.08	1.80±0.17	13.69±0.30	16.87±0.66	8.71±0.65
	15	0	1.07±0.07	2.42±0.11	16.30±0.28	10.89±0.76	0.60±0.13
		5	1.13±0.08	2.36±0.10	15.78±0.18	14.55±0.59	4.28±0.25
		10	1.20±0.06	2.33±0.17	15.19±0.24	18.91±0.64	9.03±0.51
	20	0	1.09±0.04	2.90±0.20	17.68±0.25	13.09±0.69	0.61±0.13
		5	1.16±0.06	2.87±0.13	17.15±0.21	16.95±0.64	4.07±0.25
		10	1.21±0.07	2.84±0.17	16.44±0.27	21.86±0.55	9.52±0.72
Minimum-maksimum			0.98-1.22	0.60-2.90	10.58-17.68	4.12-23.41	0.58-9.52
Ortalama±std			1.11±0.08	1.89±0.82	14.57±2.19	13.47±4.87	4.49±3.46

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.24. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Kül		Yağ		Protein		Toplam diyet lifi		DN[2]	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.000	0.096ns	0.055	2.395ns	0.332	5.459*	0.224	0.681ns	0.161	0.904ns
Lüpen unu oranı (B)	3	0.021	4.879**	10.270	449.767**	70.258	1156.463**	183.549	557.985**	0.156	0.877ns
DN oranı (C)	2	0.064	15.065**	0.021	0.930ns	6.289	103.526**	273.740	832.162**	277.832	1559.904**
AxB	3	0.000	0.075ns	0.015	0.648ns	0.004	0.068ns	0.284	0.864ns	0.170	0.954ns
AxC	2	0.000	0.037ns	0.000	0.000ns	0.008	0.124ns	0.497	1.510ns	0.022	0.124ns
BxC	6	0.000	0.044ns	0.000	0.012ns	0.026	0.427ns	1.231	3.741**	0.136	0.761ns
AxBxC	6	0.000	0.040ns	0.000	0.003ns	0.009	0.148ns	0.231	0.702ns	0.051	0.284ns
Hata	24	0.004		0.023		0.061		0.329		0.178	

[1] * p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.25. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Toplam diyet lifi (%)	DN[2] (%)
Lüpen unu çeşidi						
GALU[3]	24	1.11±0.06^{a}	1.86±0.81^{a}	14.49±2.26^{b}	13.53±5.20^{a}	4.44±3.54^{a}
UALU[4]	24	1.10±0.07^{a}	1.92±0.87^{a}	14.65±2.25^{a}	13.40±4.83^{a}	4.55±3.58^{a}
Lüpen unu oranı (%)						
0	12	1.05±0.06^{b}	0.66±0.04^{d}	11.37±0.61^{d}	8.27±3.53^{d}	4.33±3.54^{a}
10	12	1.10±0.06^{ab}	1.77±0.06^{c}	14.24±0.58^{c}	13.13±3.39^{c}	4.51±3.75^{a}
15	12	1.13±0.05^{a}	2.31±0.08^{b}	15.66±0.54^{b}	14.90±3.70^{b}	4.55±3.74^{a}
20	12	1.15±0.06^{a}	2.82±0.06^{a}	17.03±0.55^{a}	17.56±4.26^{a}	4.58±3.90^{a}
DN oranı (%)						
0	16	1.05±0.04^{c}	1.93±0.86^{a}	15.19±2.21^{a}	9.42±3.56^{c}	0.63±0.05^{c}
5	16	1.11±0.04^{b}	1.88±0.86^{a}	14.59±2.24^{b}	13.30±3.24^{b}	3.95±0.21^{b}
10	16	1.17±0.04^{a}	1.86±0.86^{a}	13.94±2.28^{c}	17.68±4.11^{a}	8.90±0.34^{a}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidinin makarna örneklerinin kül miktarı üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.25).

Lüpen unu oranının örneklerin kül miktarı üzerine etkisi incelendiğinde; lüpen unu içermeyen makarna örneklerinin ortalama kül miktarının, %15 ve 20 oranında lüpen unu içeren makarna örneklerinin ortalama kül miktarından daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Lüpen unlarının kül içeriğinin buğday irmiğinden yüksek olması (Çizelge 4.14), makarna örneklerinin kül içeriğine yansımıştır (Çizelge 4.25).

DN oranı açısından yapılan değerlendirmede, makarna örneklerine ilave edilen DN oranının artması ile örneklerin kül miktarının da arttığı görülmüştür (Çizelge 4.25). Kimyasal olarak modifiye edilmiş Tip4 DN'nin yüksek kül içeriğinin (%2.30), makarna örneklerinin kül miktarında artışa neden olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.25).

Bisküvi üretiminde farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30, 40 ve 50) çimlendirilmiş lüpen unu kullanılan bir çalışmada; %10 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren bisküvilerin, lüpen unu ilave edilmemiş kontrol örneğinden daha yüksek oranda kül miktarına sahip olduğu raporlanmıştır (Obeidat ve ark., 2013).

Pongjanta ve ark. (2008), kek üretiminde %0, 5, 10 ve 15 oranlarında Tip3 DN kullanımının kek örneklerinin kül miktarı üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığını belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçların bu çalışmanın sonuçlarından farklı olmasının nedeni, kullanılan DN'nin çeşidi olarak düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan Tip4 DN'nin yüksek kül içeriği, makarna örneklerinin kül miktarını da artırmıştır.

4.4.3.2. Yağ

Makarna örneklerinin yağ miktarının %0.60-2.90 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.23). Varyans analizi sonuçlarına göre; makarna örneklerinin yağ miktarı üzerinde, lüpen unu oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; GALU içeren makarnaların ortalama yağ miktarının %1.86, UALU içeren makarnaların ortalama yağ miktarının ise %1.92 olduğu belirlenmiştir. Makarna

örneklerinin yağ miktarı üzerinde lüpen unu çeşidinin istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.25).

Lüpen unu oranı yönünden değerlendirme yapıldığında, makarna formülasyonunda artan lüpen unu oranına bağlı olarak yağ miktarı da artış göstermiş, en düşük yağ miktarı (%0.66) lüpen unu içermeyen makarna örneklerinde, en yüksek yağ miktarı (%2.82) ise %20 oranında lüpen unu içeren makarnalarda belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Lüpen ununun buğday irmiğinden daha yüksek oranda yağ içermesi (Çizelge 4.14), lüpen unu katkılı makarnaların lüpen unu içermeyen örneklerden daha fazla yağ içeriğine sahip olması ile sonuçlanmıştır (Çizelge 4.25).

Sonuçlar DN oranı açısından değerlendirildiğinde, makarna örneklerinin ortalama yağ miktarının %1.86-1.93 arasında değiştiği ve DN oranının yağ miktarı üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığı bulunmuştur (Çizelge 4.25).

Lampart-Szczapa ve ark. (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, %100 buğday irmiği makarnasının yağ içeriği %0.11, %10 lüpen unu katkılı makarnanın yağ içeriği ise %1.62 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar Bilgiçli ve Levent (2013) tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiş, kek formülasyonuna %0, 5, 10 ve 15 oranlarında DN ilavesinin örneklerin yağ miktarı üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir fark oluşturmadığı görülmüştür.

4.4.3.3. Protein

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN bulunan makarna örneklerinin ortalama protein içeriği %14.57 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin protein içeriği üzerinde; lüpen unu çeşidi faktörü $p<0.05$ düzeyinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; UALU içeren örneklerin ortalama protein içeriğinin (%14.65), GALU ilave edilerek üretilen örneklerin ortalama protein içeriğinden (%14.49) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Bu fark, istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunsada, sayısal olarak küçük bulunmuştur.

Sonuçlar lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde, makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu oranındaki artışın makarnaların protein içeriğinin önemli ($p<0.05$) ölçüde artmasını sağladığı belirlenmiştir. %20 lüpen unu ilavesi ile, lüpen unu içermeyen

makarna örneğinin protein miktarında 1.5 kat artış sağlanmıştır (Çizelge 4.25). Bu durum, lüpen ununun buğday irmiğinden çok daha yüksek oranda protein içermesinden kaynaklanmakta (Çizelge 4.14), makarnanın besinsel kalitesinin iyileştirilmesinde lüpen ununun bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada, DN ilavesinin makarna örneklerinin protein içeriğinde azalmaya neden olduğu görülmüş ve en düşük protein içeriği (%13.94) %10 DN ihtiva eden makarnada tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). Bu sonuçların DN'nin protein içeriğinin (%0.17) buğday irmiğine (%11.89) göre çok düşük oranda olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.25).

Rayas-Duarte ve ark. (1996), makarna üretiminde farklı oranlarda (%0, 5, 15, 25 ve 30) lüpen unu kullanımı ile, kontrol makarna örneğine göre kül, yağ ve protein miktarında artış elde etmişlerdir.

Jayasena ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, kontrol eriştenin protein içeriği %9.0 olarak, %10 ve 20 oranlarında lüpen unu katkılı eriştelerin protein içeriği ise sırasıyla %11.1 ve 13.3 olarak raporlanmıştır.

Farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) lüpen unu kullanılarak bisküvi üretilen bir çalışmada, lüpen unu oranının artması ile bisküvi örneklerinin protein miktarının da arttığı tespit edilmiştir (Bilgiçli ve Levent, 2014).

Sözer (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, makarna üretiminde %0, 5 ve 15 oranlarında DN kullanılmıştır. Makarna örneklerine ilave edilen DN miktarının artması ile örneklerin protein içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.

4.4.3.4. Toplam diyet lifi

Makarna örneklerinin toplam diyet lifi miktarı %4.12-23.41 arasında değişmiştir (Çizelge 4.23). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu, makarna örneklerinin toplam diyet lifi içeriği üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24).

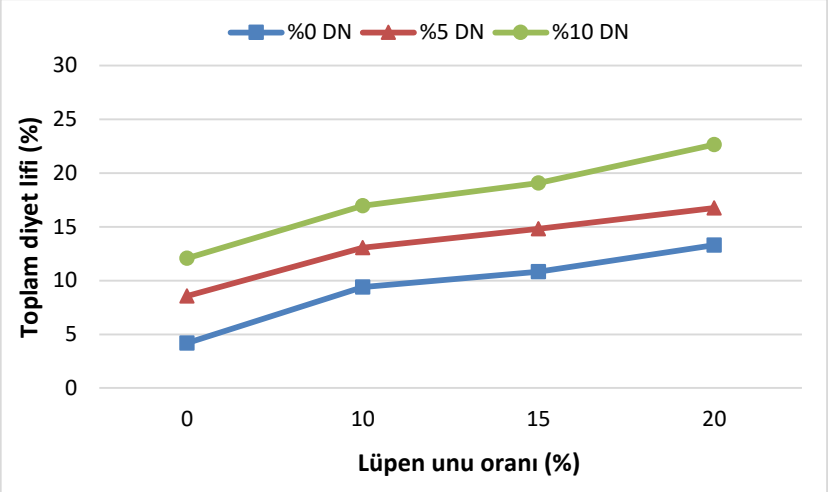
Lüpen unu çeşidi açısından yapılan değerlendirmede, ortalama toplam diyet lifi miktarı; GALU eklenerek üretilen makarnalarda %13.53, UALU ilave edilerek üretilen makarnalarda ise %13.40 olarak belirlenmiş ve lüpen unu çeşidi açısından makarnaların toplam diyet lifi miktarında bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4.25).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, makarnaların ortalama toplam diyet lifi miktarının %8.27-17.56 arasında değiştiği görülmüştür. İlave

edilen lüpen unu oranındaki artışla birlikte, makarna örneklerinin toplam diyet lifi içeriği de doğrusal bir şekilde artmıştır (Çizelge 4.25). Bu durum, lüpen ununun bileşimindeki yüksek diyet lifi içeriğine atfedilmiştir (Çizelge 4.14).

Makarna örneklerine ilave edilen DN oranındaki artış, toplam diyet lifi içeriğinin de artmasını sağlamıştır. DN içermeyen örneğe göre, %10 DN ilavesi makarna örneklerinin toplam diyet lifi içeriğinde %88 oranında artış sağlamıştır (Çizelge 4.25). Bu çalışmada kullanılan DN'nin zengin bir lif kaynağı olması (Çizelge 4.14), makarna örneklerinin toplam diyet lifi içeriğinde oldukça etkili olmuştur (Çizelge 4.25).

Makarna örneklerinin toplam diyet lifi miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu ve DN oranlarının artması ile örneklerin toplam diyet lifi miktarları da artmış, en yüksek toplam diyet lifi miktarı %20 lüpen unu ve %10 DN içeren makarna örneğinde belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin toplam diyet lifi miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Erişte üretiminde farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30, 40 ve 50) lüpen unu kullanılan bir çalışmada, toplam diyet lifi içeriği kontrol (%0 lüpen unu) eriştede 2.7 g/100 g, %10 lüpen unu içeren eriştede 5.2 g/100 g, %20 oranında lüpen unu içeren eriştede ise 7.8 g/100 g olarak bulunmuştur (Jayasena ve ark., 2008). Hall ve Johnson (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, %19 oranında lüpen unu ilave edilerek üretilen makarna, bisküvi ve bar örneklerinin diyet lifi miktarının (sırasıyla %14.61, 5.82 ve 11.99) kontrol örneklerinden (sırasıyla %3.00, 1.40 ve 3.75) daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Bustos ve ark. (2011a), makarna üretiminde farklı oranlarda (%0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0) Tip4 DN kullanımının, kontrol örneğine göre makarnanın toplam diyet lifi içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir.

Farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) DN ilave edilerek bisküvi üretilen bir çalışmada, artan DN oranı ile birlikte bisküvi örneklerinin toplam diyet lifi miktarının da kontrole göre arttığı belirlenmiştir (Aslanpay, 2019).

4.4.3.5. Dirençli nişasta (DN)

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin DN miktarı %0.58-9.52 arasında değişmiş ve ortalama DN miktarı %4.49 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). Varyans analizi sonuçlarına göre, makarna örneklerinin DN içeriği üzerinde DN oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU ve UALU ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin DN içeriklerinin birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25).

Lüpen unu oranı açısından yapılan değerlendirmede, makarna örneklerinin ortalama DN miktarının %4.33-4.58 arasında değiştiği ve lüpen unu oranındaki artışın makarna örnekleri arasında istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.25).

Sonuçlar DN oranı yönünden incelendiğinde, DN ilave edilmeden üretilen makarnaların ortalama DN miktarı %0.63, %10 DN içeren makarnaların ortalama DN miktarı ise %8.90 olarak bulunmuştur. DN içermeyen örnekle karşılaştırıldığında, makarnanın DN miktarında; %5 DN ilavesi ile 6.3 kat, %10 DN ilavesi ile 14.1 kat artış elde edilmiştir (Çizelge 4.25). Yüksek saflıkta DN kullanımının (Çizelge 4.14), makarna örneklerinin DN içeriğinin artmasında oldukça etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 4.25).

Foschia ve ark. (2017) makarna üretiminde %0, 10, 15 ve 20 oranlarında DN kullanmışlar, örneklere ilave edilen DN miktarındaki artışla birlikte makarnaların DN içeriğinin de arttığını bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Aravind ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada da elde edilmiş, DN ilave edilmeden üretilen makarnadaki DN miktarı %1.86 olarak, %10 DN (Tip3) içeren makarnadaki DN miktarı ise %6.22 olarak ifade edilmiştir.

Samray (2018) tarafından yapılan çalışmada, ekstrüde atıştırmalık üretiminde %0, 15 ve 30 oranlarında DN kullanılmış, en yüksek DN içeriği (%14.57) %30 DN içeren

örnekte, en düşük DN içeriği (%1.34) ise DN ilave edilmemiş kontrol örneğinde belirlenmiştir.

4.4.3.6. Fitik asit

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarnaların fitik asit miktarı 214.23-266.84 mg/100 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.26). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin fitik asit miktarı üzerinde; lüpen unu çeşidi faktörü $p<0.05$ düzeyinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.26. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine ait fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Fitik asit (mg/100 g)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg)	Antioksidan aktivite (% inhibisyon)	*In vitro* glisemik indeks[3]
GALU[4]	0	0	250.18±9.67	484.16±7.20	24.70±0.88	49.43±0.65
		5	235.47±9.32	478.33±5.30	24.86±2.06	48.35±0.58
		10	214.23±9.64	466.67±9.18	25.02±1.36	46.58±0.78
	10	0	255.64±9.19	460.89±8.99	21.52±1.64	47.09±0.83
		5	243.85±7.47	437.52±5.03	21.71±1.65	44.13±0.61
		10	220.19±7.25	431.58±7.07	22.04±1.47	40.89±0.96
	15	0	261.53±9.32	452.75±7.69	18.73±1.34	45.22±0.92
		5	240.26±8.15	444.53±7.99	19.07±1.57	41.08±0.85
		10	225.39±8.74	439.82±9.29	19.21±0.95	39.34±0.71
	20	0	266.84±9.07	443.68±7.88	15.50±1.16	40.68±0.78
		5	250.37±8.40	437.15±8.57	15.78±1.82	40.16±0.64
		10	233.15±8.49	408.46±6.53	16.13±1.58	37.25±0.71
UALU[5]	0	0	253.18±2.87	484.75±6.82	25.36±1.50	49.86±0.86
		5	238.47±2.98	479.27±8.75	25.51±1.24	48.04±0.74
		10	217.23±3.01	465.94±9.39	25.58±0.83	46.91±0.72
	10	0	246.53±1.67	463.54±8.22	21.78±1.27	46.87±0.68
		5	234.68±3.63	442.76±7.25	21.89±1.19	44.45±0.75
		10	215.53±2.57	435.19±7.59	21.94±1.29	41.15±0.61
	15	0	254.27±2.63	450.47±5.81	18.46±1.51	44.96±0.62
		5	237.18±2.81	441.62±7.74	18.75±0.99	41.23±0.74
		10	223.20±3.46	437.58±9.19	19.08±1.27	39.72±0.85
	20	0	258.13±2.72	444.09±8.47	15.14±1.71	41.03±0.75
		5	244.42±2.77	432.47±8.23	15.38±1.48	39.79±0.82
		10	224.34±3.69	414.15±6.97	15.88±1.22	36.94±0.89
Minimum-maksimum			214.23-266.84	408.46-484.75	15.14-25.58	36.94-49.86
Ortalama±std			239.34±15.91	449.06±20.90	20.38±3.71	43.38±3.88

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Pişmiş makarnalarda gerçekleştirilmiştir. [4]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [5]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.27. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Fitik asit		Toplam fenolik madde		Antioksidan aktivite		*In vitro* glisemik indeks	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	207.834	4.866*	3.297	0.054ns	0.019	0.010ns	0.047	0.081ns
Lüpen unu oranı (B)	3	317.881	7.443**	4612.085	75.643**	199.078	100.591**	169.573	294.820**
DN[2] oranı (C)	2	4677.978	109.528**	2137.942	35.065**	0.852	0.430ns	82.634	143.668**
AxB	3	76.843	1.799ns	20.024	0.328ns	0.566	0.286ns	0.041	0.072ns
AxC	2	5.938	0.139ns	3.843	0.063ns	0.003	0.002ns	0.048	0.083ns
BxC	6	14.203	0.333ns	139.927	2.295ns	0.040	0.020ns	3.191	5.548**
AxBxC	6	3.572	0.084ns	8.558	0.140ns	0.017	0.009ns	0.155	0.270ns
Hata	24	42.710		60.971		1.979		0.575	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.28. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Fitik asit (mg/100 g)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg)	Antioksidan aktivite (% inhibisyon)	*In vitro* glisemik indeks[2]
Lüpen unu çeşidi					
GALU[3]	24	241.42±16.43[a]	448.79±21.14[a]	20.35±3.50[a]	43.35±3.96[a]
UALU[4]	24	237.26±14.65[b]	449.32±20.49[a]	20.39±3.88[a]	43.41±3.99[a]
Lüpen unu oranı (%)					
0	12	234.79±16.25[b]	476.52±8.32[a]	25.17±0.36[a]	48.19±1.31[a]
10	12	236.07±15.68[b]	445.25±13.66[b]	21.81±0.19[b]	44.09±2.67[b]
15	12	240.30±15.30[b]	444.46±6.03[b]	18.88±0.28[c]	41.92±2.56[c]
20	12	246.21±15.73[a]	430.00±15.22[c]	15.63±0.36[d]	39.31±1.77[d]
DN[5] oranı (%)					
0	16	255.78±6.40[a]	460.54±16.34[a]	20.15±3.85[a]	45.64±3.43[a]
5	16	240.58±5.32[b]	449.20±18.65[b]	20.37±3.80[a]	43.40±3.41[b]
10	16	221.65±6.21[c]	437.42±21.02[c]	20.61±3.68[a]	41.09±3.80[c]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Pişmiş makarnalarda gerçekleştirilmiştir. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [5]Dirençli nişasta.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; UALU ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin fitik asit içeriğinin (237.26 mg/100 g), GALU içeren örneklerin fitik asit miktarından (241.42 mg/100 g) daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28). İstatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) olan bu fark, sayısal olarak oldukça küçük bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı yönünden incelendiğinde; %0, 10 ve 15 oranlarında lüpen unu içeren makarna örneklerinin ortalama fitik asit miktarının birbirine yakın olduğu, %20 lüpen unu ilave edilerek üretilen makarnanın ortalama fitik asit içeriğinin ise bunlardan daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.28). UALU örneğinin fitik asit içeriği buğday irmiğinin fitik asit içeriğine yakın olmasına rağmen, GALU'nun daha yüksek oranda fitik asit içermesi (Çizelge 4.15), %20 oranında lüpen unu içeren makarnaların ortalama fitik asit miktarının diğer örneklerden daha yüksek olmasına neden olmuş olabilir (Çizelge 4.28).

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada, makarna örneklerinin ortalama fitik asit miktarının 221.65-255.78 mg/100 g arasında değiştiği, DN ilavesinin örneklerin fitik asit içeriğinin azalmasını sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.28). DN'nin bileşimindeki fitik asitin tespit edilemeyecek kadar düşük olması (Çizelge 4.15), DN katkılı makarna örneklerinin fitik asit içeriğine de yansımıştır.

Bisküvi üretiminde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında lüpen unu kullanılan bir çalışmada, kontrol örneğinin fitik asit içeriği 284.50 mg/100 g olarak bulunurken, %20

oranında lüpen unu içeren bisküvinin fitik asit miktarı 319.50 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Yıldız, 2012).

Arıbaş ve ark. (2020b), Tip4 DN'nin bileşiminde fitik asit tespit edemediklerini ve Tip4 DN'nin makarna formülasyonunda kullanılması ile makarnanın fitik asit içeriğini düşürücü etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.4.3.7. Toplam fenolik madde

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ihtiva eden makarna örneklerinin ortalama toplam fenolik madde miktarı 449.06 mg GAE/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.26). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin, makarna örneklerinin toplam fenolik madde miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU ve UALU ilave edilerek üretilen makarnaların toplam fenolik madde miktarlarında istatistiki açıdan bir fark oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.28).

Makarna örneklerinin toplam fenolik madde miktarı lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, lüpen unu içermeyen örneklerin toplam fenolik madde miktarının lüpen unu katkılı örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Bu durum, acılığı giderilmiş lüpen ununun buğday irmiğine göre daha düşük olan toplam fenolik madde içeriği ile ilişkilendirilmiştir (Çizelge 4.15).

Sonuçlar DN oranı yönünden değerlendirildiğinde, en yüksek toplam fenolik madde miktarının (460.54 mg GAE/kg) DN içermeyen makarna örneğinde, en düşük toplam fenolik madde miktarının (437.42 mg GAE/kg) ise %10 oranında DN ilave edilerek üretilmiş makarnada bulunduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.28). DN'de bulunan toplam fenolik madde miktarının buğday irmiğine göre daha az olması (Çizelge 4.15), DN ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinin de azalmasına yol açmış olabilir (Çizelge 4.28).

4.4.3.8. Antioksidan aktivite

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarnaların antioksidan aktivitesi %15.14-25.58 arasında değişmiştir (Çizelge 4.26). Varyans analizi sonuçlarına göre;

lüpen unu oranı faktörü, makarna örneklerinin antioksidan aktivitesi üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde; GALU kullanılarak üretilen makarnaların ortalama antioksidan aktivitesi %20.35, UALU kullanılarak üretilen makarnaların ortalama antioksidan aktivitesi ise %20.39 olarak belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidinin antioksidan aktivite üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.28).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde, makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu oranının artması ile örneklerin antioksidan aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Lüpen unu içermeyen makarnaların ortalama antioksidan aktivitesi %25.17 olarak belirlenirken, %20 oranında lüpen unu eklenerek üretilen makarnaların ortalama antioksidan aktivitesi %15.63 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.28).

DN oranının antioksidan aktivite üzerine etkisi incelendiğinde, örneklerin ortalama antioksidan aktivitesinin %20.15-20.61 arasında değiştiği; %0, 5 ve 10 oranlarında DN içeren makarnaların aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.28).

Tarhana üretiminde %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında lüpen unu kullanılan bir çalışmada; %10 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren tarhana örneklerinin antioksidan kapasitesinin, lüpen unu içermeyen kontrol tarhanadan daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çevik, 2016).

Farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30 ve 40) DN kullanılarak kek üretilen bir çalışmada, kek formülasyonunda artan DN miktarı ile birlikte örneklerin toplam fenolik madde miktarının ve antioksidan aktivitesinin kontrole göre azaldığı, ancak antioksidan aktivitedeki azalmanın istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bulunmadığı raporlanmıştır (Ceylan, 2020).

4.4.3.9. *In vitro* glisemik indeks

In vitro glisemik indeks analizi, pişmiş makarna örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Pişmiş makarna örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri 36.94 ve 49.86 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.26). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu, örneklerin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidinin makarna örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerinde istatistiki açıdan önemli bir fark oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.28).

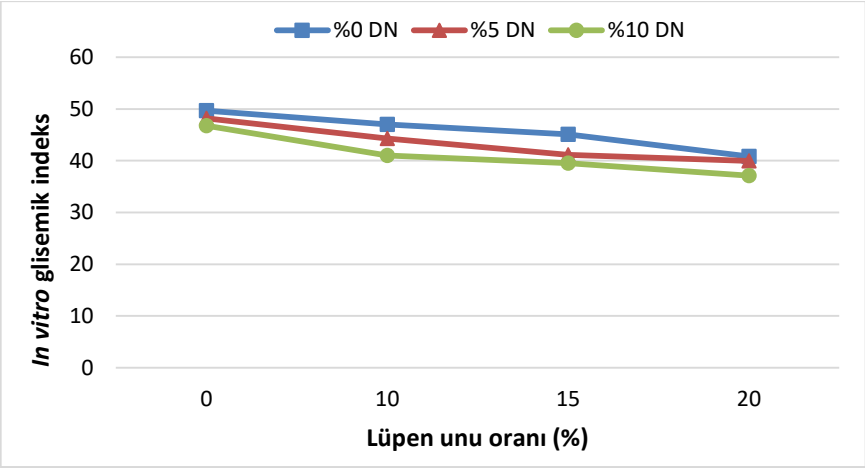
Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, örneklerin ortalama *in vitro* glisemik indeks değerinin 39.31-48.19 arasında değiştiği, makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu oranındaki artışla birlikte *in vitro* glisemik indeks değerinin azaldığı bulunmuştur (Çizelge 4.28).

DN oranının makarna örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerine etkisi incelendiğinde, makarna formülasyonunda DN'ye yer verilmesinin *in vitro* glisemik indeks değerinin düşmesini sağladığı ve en düşük *in vitro* glisemik indeks değerinin (41.09) %10 DN içeren makarna örneklerinde bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28).

Makarnanın düşük glisemik indeks değeri; makarnanın boyutu ve şekli, protein ağı ve lifler tarafından nişastanın enkapsülasyonu (Colonna ve ark., 1990; Granfeldt ve Björck, 1991; Fardet ve ark., 1998; Tudorica ve ark., 2002), nişastanın jelatinizasyon ve retrogradasyon derecesi ile amiloz/amilopektin oranı gibi makroskopik ve mikroskopik birçok yapısal faktörün etkisiyle açıklanabilmektedir (Duszkiewicz-Reinhard ve ark., 1988; Akerberg ve ark., 1998). Makarna formülasyonuna lüpen unu ya da DN ilavesi ile zayıflayan protein matrisinden daha fazla miktarda jelatinize nişasta pişme suyuna sızabilmekte, sindirilebilir nişasta konsantrasyonu azalmakta ve böylece bu yapısal faktörlerin bir veya birkaçı etkilenerek makarnanın glisemik indeks değerinde değişikliğe neden olabilmektedir (Petitot ve ark., 2010; Arıbaş ve ark., 2020b).

Makarna örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin, katkısız örneklerden daha düşük *in vitro* glisemik indeks değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çoban (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, cips üretiminde farklı oranlarda (%25-60) lüpen unu kullanılmış, lüpen unu katkılı örneklerin lüpen unu içermeyen kontrol örneklerinden daha düşük glisemik indeks değerine sahip olduğu ve en düşük glisemik indeks değerinin en yüksek oranda lüpen unu kullanılan örnekte tespit edildiği raporlanmıştır. Lüpenin oldukça düşük oranda nişasta içermesi ve diyet lifi açısından zengin bir kaynak olmasının bu sonuçlar üzerinde etkili olabileceği belirtilmiştir.



Şekil 4.16. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren pişmiş makarna örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Goni ve Valentin-Gamazo (2003), makarnanın %25 oranında nohut unu ile zenginleştirilmesi sonucunda, glisemik indeks değerinin 73.0'ten 58.6'ya düştüğünü bildirmişlerdir. Glisemik indeks değerinde görülen bu azalmayı, nohut unu katkılı makarnada kontrol makarnaya göre daha yüksek oranda sindirilemeyen fraksiyon (nişasta dışı polisakkaritler, DN ve oligosakkaritler) olması ile ilişkilendirmişlerdir.

Buğday irmiğine %35 oranında bakla unu ilave edilerek makarna üretilen bir çalışmada; glisemik indeks değeri buğday irmiği makarnasında 52.3, bakla unu içeren makarnada ise 41.9 olarak belirlenmiştir (Greffeuille ve ark., 2015).

Brennan ve Tudorica (2008), %100 buğday irmiğinden üretilen makarnanın tahmini glisemik indeks değerini 44.8 olarak, farklı oranlarda (%0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0) bezelye lifi içeren makarnaların ortalama glisemik indeks değerini ise 39.7 olarak bulmuşlardır.

Srikaeo ve Sangkhiaw (2014); %0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 oranlarında DN ilave ederek erişte üretmişler, erişte formülasyonunda artan DN oranı ile birlikte örneklerin *in vitro* glisemik indeks değerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Li ve ark. (2014), kontrol erişte de 87 olarak belirlenen glisemik indeks değerinin, %10 DN içeren erişte de 75'e düştüğünü raporlamışlardır.

Galeta üretiminde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında DN kullanılan bir çalışmada, DN içermeyen örneğin glisemik indeks değeri 99.0, %10 DN ilave edilerek üretilen örneğin glisemik indeks değeri ise 92.1 olarak bulunmuştur (Nargül, 2019).

Literatürde buğday irmiği makarnası ve baklagil unları ilave edilerek üretilmiş makarnalar için bildirilen glisemik indeks değerlerinin geniş ölçüde değiştiği görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların literatürdeki bazı sonuçlardan farklı

olması; referans olarak glikoz yerine beyaz ekmeğin alınması, makarna şekli, üretim yöntemi ve pişirme süresi ile glisemik indeks ölçüm yöntemindeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir.

4.4.3.10. Mineral madde

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin mineral madde (Ca, K, Mg, P, Cu, Fe, Mn ve Zn) miktarı sonuçları Çizelge 4.29 ve 4.32'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30 ve 4.33'te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.31 ve 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine ait Ca, K, Mg ve P miktarı (mg/100 g) sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Ca	K	Mg	P
GALU[3]	0	0	23.73±1.02	343.34±9.87	42.13±1.05	333.20±7.71
		5	23.12±1.39	331.69±9.56	39.84±1.34	350.74±6.19
		10	22.61±1.37	302.87±7.75	37.12±1.23	372.28±4.77
	10	0	36.54±1.48	302.90±7.55	42.70±1.26	372.90±5.15
		5	36.03±1.34	285.58±10.85	41.16±1.15	385.54±6.80
		10	36.77±1.16	273.34±9.63	40.35±1.12	408.57±5.23
	15	0	42.64±0.89	287.46±9.97	43.12±1.09	395.54±6.58
		5	42.28±1.29	273.61±7.88	41.24±1.44	408.75±7.74
		10	42.95±1.27	268.40±9.91	41.35±1.32	423.29±7.38
	20	0	50.95±1.17	278.05±8.82	43.63±1.15	407.57±6.05
		5	49.82±1.15	261.63±8.36	41.97±1.10	430.32±7.13
		10	50.35±1.33	243.94±6.10	39.13±1.57	443.80±3.52
UALU[4]	0	0	24.35±1.53	350.16±10.59	42.25±1.27	338.57±5.50
		5	23.08±1.26	329.84±9.11	40.71±1.03	355.61±6.41
		10	23.05±1.12	312.25±7.58	37.54±1.36	369.83±6.58
	10	0	34.32±1.19	309.30±9.40	43.30±1.16	379.72±8.67
		5	35.87±1.22	291.65±8.33	42.68±0.81	395.57±6.05
		10	33.25±1.29	273.41±4.43	41.83±1.09	413.15±3.85
	15	0	43.25±1.27	286.54±7.23	44.05±1.13	402.37±6.28
		5	43.79±1.10	278.74±6.83	42.14±1.19	414.51±7.27
		10	43.39±1.16	260.35±10.32	40.53±1.32	425.42±4.71
	20	0	49.14±1.23	283.60±8.56	44.11±1.07	414.71±6.99
		5	50.64±1.16	256.50±6.86	42.38±1.10	435.28±5.77
		10	48.18±1.12	244.90±7.76	40.56±1.02	446.86±3.75
Minimum-maksimum			22.61-50.95	243.94-350.16	37.12-44.11	333.20-446.86
Ortalama±std			37.92±10.03	288.75±29.49	41.49±1.99	396.84±32.10

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.30. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin Ca, K, Mg ve P miktarlarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ca		K		Mg		P	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	2.503	1.636ns	49.735	0.672ns	5.796	4.081ns	291.068	7.513*
Lüpen unu oranı (B)	3	1550.641	1013.446**	9926.498	134.068**	13.017	9.165**	12841.722	331.474**
DN[2] oranı (C)	2	1.493	0.976ns	4286.761	57.897**	45.164	31.799**	4180.761	107.915**
AxB	3	4.987	3.259*	25.624	0.346ns	0.440	0.310ns	10.359	0.267ns
AxC	2	3.188	2.083ns	17.882	0.242ns	0.168	0.118ns	28.755	0.742ns
BxC	6	0.703	0.459ns	64.494	0.871ns	2.082	1.466ns	34.710	0.896ns
AxBxC	6	0.931	0.609ns	33.894	0.458ns	0.524	0.369ns	2.717	0.070ns
Hata	24	1.530		74.041		1.420		38.741	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.31. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin Ca, K, Mg ve P miktarlarına (mg/100 g) ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ca	K	Mg	P
Lüpen unu çeşidi					
GALU[2]	24	38.15±10.42[a]	287.73±28.54[a]	41.14±1.83[a]	394.37±32.79[b]
UALU[3]	24	37.69±10.22[a]	289.77±30.99[a]	41.84±1.82[a]	399.30±32.71[a]
Lüpen unu oranı (%)					
0	12	23.32±0.62[d]	328.36±18.01[a]	39.93±2.21[b]	353.37±15.91[d]
10	12	35.46±1.38[c]	289.36±14.91[b]	42.00±1.10[a]	392.57±16.06[c]
15	12	43.05±0.54[b]	275.85±10.57[c]	42.07±1.31[a]	411.65±11.72[b]
20	12	49.85±1.04[a]	261.44±16.56[d]	41.96±1.87[a]	429.75±15.74[a]
DN[4] oranı (%)					
0	16	38.11±10.33[a]	305.17±27.68[a]	43.16±0.76[a]	380.57±30.85[c]
5	16	38.08±10.72[a]	288.65±28.42[b]	41.51±0.95[b]	397.04±31.64[b]
10	16	37.57±10.64[a]	272.43±24.63[c]	39.80±1.72[c]	412.90±29.02[a]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Makarna örneklerinin Ca miktarı 22.61-50.95 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin Ca miktarı üzerinde; lüpen unu oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde, *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.30).

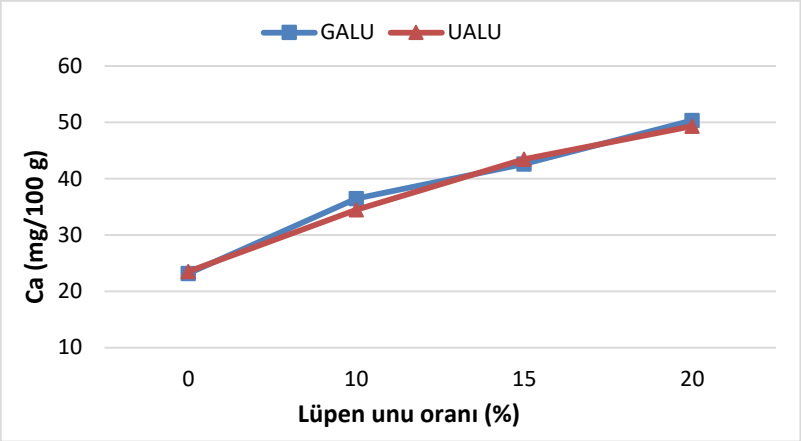
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidi olarak GALU kullanılan makarna örneklerinin ortalama Ca miktarı 38.15 mg/100 g, UALU kullanılarak üretilen örneklerin ortalama Ca miktarı ise 37.69 mg/100 g olarak belirlenmiş olup aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.31).

Lüpen unu oranı açısından değerlendirme yapıldığında, makarna örneklerine ilave edilen lüpen unundaki artışla birlikte makarnaların Ca miktarının da yükseldiği tespit edilmiştir. Lüpen unu içermeyen makarna ile karşılaştırıldığında, %20 oranında lüpen unu ilavesinin makarnanın Ca içeriğini 2.1 kat artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Bu durum üzerinde, lüpen ununun buğday irmiğinden yaklaşık 6 kat daha fazla olan Ca içeriğinin etkili olduğu tahmin edilmektedir (Çizelge 4.16).

Sonuçlar DN oranı yönünden değerlendirildiğinde, DN ilavesinin makarnaların Ca miktarı üzerinde istatistiki olarak bir fark oluşturmadığı ve bütün örneklerin aynı grupta yer aldığı görülmüştür (Çizelge 4.31).

Makarna örneklerinin Ca miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu Şekil 4.17'de gösterilmiştir. GALU ve UALU içeren makarnaların Ca miktarının birbirine yakın olduğu; makarna örneklerine ilave edilen lüpen unu

oranının artması ile birlikte, her iki lüpen unu çeşidi kullanılarak üretilen makarnalarda da Ca miktarının arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin Ca miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu

Makarna örneklerinin K miktarı 243.94-350.16 mg/100 g arasında değişmiş ve ortalama K miktarı 288.75 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin makarna örneklerinin K miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU içeren makarna örneklerinde bulunan ortalama K miktarının 287.73 mg/100 g, UALU içeren makarnalardaki ortalama K miktarının ise 289.77 mg/100 g olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4.31).

Sonuçlar lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde; makarna örneklerine lüpen ununun ilave edilmesiyle, örneklerin K miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Ortalama K miktarı; lüpen unu içermeyen makarna örneklerinde 328.36 mg/100 g olarak, %20 lüpen unu içeren makarna örneklerinde ise 261.44 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.31). Lüpen ununun buğday irmiğine göre oldukça düşük olan K içeriğinin (Çizelge 4.16), lüpen unu katkılı makarna örneklerinin K miktarını da düşürdüğü tahmin edilmektedir (Çizelge 4.31).

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada; makarna örneklerinin üretiminde DN kullanımının, örneklerin K içeriğinin azalmasına neden olduğu ve en düşük ortalama K miktarının (272.43 mg/100 g) %10 oranında DN katkılı makarnada bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31). DN'nin düşük K içeriği (12.08 mg/100 g) makarna örneklerine de yansımış görünmektedir (Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.31).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin ortalama Mg miktarı 41.49 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonuçlarına göre; makarna örneklerinin Mg miktarı üzerinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidinin makarna örneklerinin Mg miktarı üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı, GALU ve UALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinin ortalama Mg miktarının sırasıyla 41.14 ve 41.84 mg/100 g olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, lüpen unu ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin ortalama Mg miktarının, lüpen unu içermeyen makarnalardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.31).

Makarna örneklerine ilave edilen DN oranının artması, örneklerin Mg miktarının azalmasına neden olmuştur. En yüksek Mg içeriği DN ilave edilmeden üretilen makarna örneklerinde (43.16 mg/100 g), en düşük Mg içeriği de %10 DN içeren makarnalarda (39.80 mg/100 g) bulunmuştur (Çizelge 4.31). DN'nin buğday irmiğine göre oldukça düşük olan Mg içeriği, bu sonuç üzerinde etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.31).

Makarna örneklerinin P miktarı 333.20-446.86 mg/100 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin P miktarı üzerinde; lüpen unu çeşidi faktörü $p<0.05$ düzeyinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; üretiminde UALU kullanılan makarnaların ortalama P içeriğinin (399.30 mg/100 g), GALU kullanılarak üretilen makarnaların ortalama P içeriğinden (394.37 mg/100 g) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu fark istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunsada, sayısal olarak oldukça küçüktür (Çizelge 4.31).

Lüpen unu oranı yönünden yapılan değerlendirmede, örneklerin ortalama P miktarının 353.37-429.75 mg/100 g arasında değiştiği, %20 oranında lüpen unu içeren makarnaların en yüksek P içeriğini verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Lüpen ununun buğday irmiğinden yaklaşık 2 kat daha fazla P içermesi (Çizelge 4.16), lüpen unu ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin P içeriğine de yansımış görünmektedir (Çizelge 4.31).

Sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, makarna formülasyonunda DN'ye yer verilmesi ile örneklerin P içeriğinin arttığı belirlenmiştir. %10 DN ilavesi, DN

içermeyen makarnaların ortalama P miktarının 380.57 mg/100 g'dan 412.90 mg/100 g'a yükselmesini sağlamıştır (Çizelge 4.31). Makarna üretiminde kimyasal olarak modifiye edilmiş ve yüksek oranda P içeren Tip4 DN kullanımının, bu sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.31).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin Cu miktarı 0.31-0.43 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.32). Varyans analizi sonuçlarına göre, makarna örneklerinin Cu miktarı üzerinde lüpen unu oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU ve UALU kullanılarak üretilen makarnaların Cu miktarında istatistiki açıdan bir fark bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.32. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine ait Cu, Fe, Mn ve Zn miktarı (mg/100 g) sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Cu	Fe	Mn	Zn
GALU[3]	0	0	0.33±0.03	2.62±0.18	1.00±0.07	1.24±0.07
		5	0.32±0.03	2.57±0.24	0.97±0.08	1.17±0.10
		10	0.33±0.06	2.54±0.30	0.92±0.10	1.14±0.17
	10	0	0.36±0.01	2.70±0.33	7.52±0.18	1.40±0.13
		5	0.35±0.04	2.70±0.21	7.43±0.16	1.36±0.16
		10	0.33±0.01	2.69±0.14	7.45±0.11	1.35±0.11
	15	0	0.37±0.03	2.79±0.27	10.78±0.20	1.48±0.16
		5	0.38±0.06	2.80±0.24	10.65±0.23	1.44±0.13
		10	0.37±0.03	2.75±0.17	10.46±0.17	1.38±0.14
	20	0	0.43±0.04	2.90±0.31	13.20±0.21	1.58±0.11
		5	0.43±0.05	2.85±0.28	13.10±0.28	1.56±0.18
		10	0.41±0.02	2.82±0.25	12.90±0.23	1.55±0.17
UALU[4]	0	0	0.32±0.03	2.58±0.31	1.00±0.06	1.21±0.11
		5	0.31±0.06	2.58±0.18	1.02±0.03	1.15±0.16
		10	0.31±0.05	2.54±0.24	0.94±0.04	1.13±0.07
	10	0	0.35±0.02	2.79±0.20	7.77±0.17	1.45±0.10
		5	0.33±0.01	2.74±0.27	7.74±0.13	1.39±0.13
		10	0.34±0.03	2.72±0.24	7.68±0.14	1.33±0.14
	15	0	0.38±0.05	2.85±0.35	11.04±0.18	1.52±0.16
		5	0.36±0.02	2.80±0.27	10.95±0.28	1.48±0.10
		10	0.38±0.06	2.80±0.30	11.01±0.20	1.47±0.13
	20	0	0.40±0.03	2.87±0.23	13.75±0.27	1.62±0.16
		5	0.43±0.04	2.89±0.21	13.59±0.21	1.58±0.17
		10	0.41±0.06	2.85±0.17	13.40±0.28	1.55±0.16
Minimum-maksimum			0.31-0.43	2.54-2.90	0.92-13.75	1.13-1.62
Ortalama±std			0.36±0.05	2.74±0.21	8.18±4.68	1.40±0.18

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.33. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin Cu, Fe, Mn ve Zn miktarlarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Cu		Fe		Mn		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.001	0.353ns	0.007	0.103ns	1.027	30.450**	0.004	0.236ns
Lüpen unu oranı (B)	3	0.022	14.571**	0.189	2.985ns	342.590	10160.844**	0.342	18.341**
DN[2] oranı (C)	2	0.000	0.149ns	0.010	0.151ns	0.106	3.137ns	0.023	1.227ns
AxB	3	0.000	0.114ns	0.002	0.036ns	0.128	3.799ns	0.003	0.158ns
AxC	2	0.000	0.105ns	0.000	0.001ns	0.004	0.109*	0.000	0.006ns
BxC	6	0.000	0.208ns	0.000	0.002ns	0.015	0.451ns	0.000	0.021ns
AxBxC	6	0.000	0.119ns	0.001	0.022ns	0.008	0.241ns	0.001	0.045ns
Hata	24	0.002		0.063		0.034		0.019	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.34. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin Cu, Fe, Mn ve Zn miktarlarına (mg/100 g) ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Cu	Fe	Mn	Zn
Lüpen unu çeşidi					
GALU[2]	24	0.36±0.04[a]	2.72±0.11[a]	8.03±4.74[b]	1.39±0.15[a]
UALU[3]	24	0.36±0.04[a]	2.75±0.12[a]	8.32±4.93[a]	1.41±0.17[a]
Lüpen unu oranı (%)					
0	12	0.32±0.01[c]	2.57±0.03[a]	0.97±0.04[d]	1.17±0.04[c]
10	12	0.34±0.01[bc]	2.72±0.04[a]	7.59±0.15[c]	1.38±0.04[b]
15	12	0.37±0.01[b]	2.79±0.03[a]	10.81±0.23[b]	1.46±0.05[ab]
20	12	0.42±0.01[a]	2.86±0.03[a]	13.32±0.32[a]	1.57±0.03[a]
DN[4] oranı (%)					
0	16	0.37±0.04[a]	2.76±0.12[a]	8.25±5.00[a]	1.43±0.15[a]
5	16	0.36±0.05[a]	2.74±0.12[a]	8.18±4.95[a]	1.39±0.16[a]
10	16	0.36±0.04[a]	2.71±0.12[a]	8.09±4.91[a]	1.36±0.16[a]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Lüpen unu oranı açısından yapılan değerlendirmede; %20 oranında lüpen unu kullanılarak üretilen makarnaların ortalama Cu miktarının (0.42 mg/100 g), lüpen unu içermeyen makarnaların ortalama Cu miktarından (0.32 mg/100 g) daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.34).

Sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, makarna örneklerinin ortalama Cu içeriğinin 0.36-0.37 mg/100 g arasında değiştiği ve DN ilavesinin makarnaların Cu içeriğinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.34).

Makarna örneklerinin Fe miktarı 2.54-2.90 mg/100 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.32). Lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin makarna örneklerinin Fe miktarı üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, GALU ve UALU kullanılarak üretilen makarnaların Fe miktarlarının birbirine çok yakın olduğu ve istatistiki açıdan bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.34).

Lüpen unu oranı açısından yapılan değerlendirmede; lüpen unu içermeyen makarna örneklerinin ortalama Fe içeriğinin %20 oranında lüpen unu ilavesiyle 2.57 mg/100 g'dan 2.86 mg/100 g'a yükseldiği belirlenmiş, ancak bu artış istatistiki açıdan anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 4.34).

DN oranı yönünden karşılaştırma yapıldığında; %0, 5 ve 10 DN içeren örneklerin Fe miktarlarının aynı grupta yer aldığı ve Fe miktarı üzerinde DN oranının önemli bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.34).

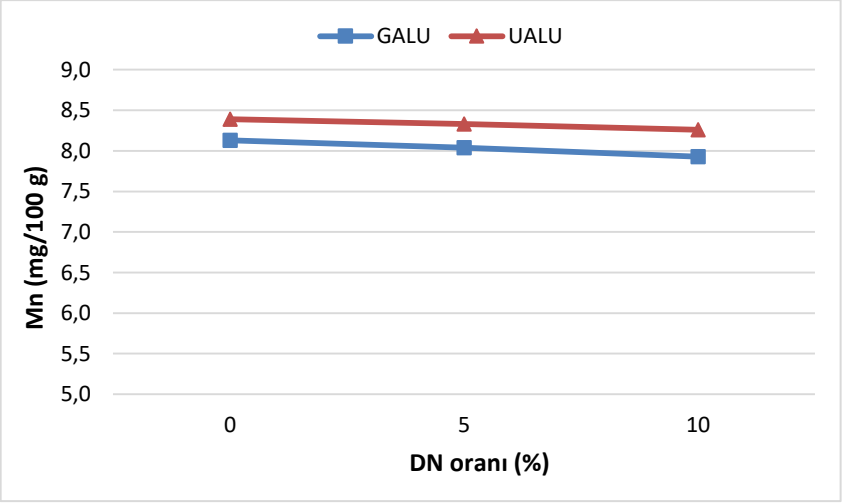
Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin ortalama Mn miktarı 8.18 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin Mn miktarı üzerinde; lüpen unu çeşidi ve lüpen unu oranı faktörleri $p<0.01$, *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"* interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; UALU içeren makarna örneklerinin ortalama Mn miktarının (8.32 mg/100 g), GALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinin ortalama Mn miktarından (8.03 mg/100 g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Bununla birlikte, bu farkın sayısal olarak küçük olduğu görülmüştür.

Sonuçlar lüpen unu oranı yönünden karşılaştırıldığında; makarna örneklerine ilave edilen lüpen ununun, örneklerin Mn içeriğini dikkat çekici şekilde yükselttiği gözlenmiştir. Lüpen unu içermeyen örneklerin ortalama Mn içeriği 0.97 mg/100 g olarak tespit edilirken, %20 oranında lüpen unu kullanılan örneklerin ortalama Mn içeriği 13.32 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

DN oranının makarna örneklerinin Mn miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, DN ilavesinin örneklerin Mn miktarı üzerinde istatistiki bir fark oluşturmadığı görülmektedir (Çizelge 4.34).

Makarna örneklerinin Mn miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.18'de gösterilmiştir. DN oranındaki artışın, hem GALU hem de UALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinin Mn miktarında oldukça küçük bir etki gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.18. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerinin Mn miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"* interaksiyonu

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen makarnaların ortalama Zn miktarı 1.40 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı faktörünün makarna örneklerinin Zn miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU ve UALU ile üretilen makarna örneklerinin Zn miktarları birbirine çok yakın bulunmuş olup, lüpen unu çeşidinin makarna örneklerinin Zn içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında; lüpen unu ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin Zn miktarının, lüpen unu içermeyen örneklerin Zn miktarından daha yüksek olduğu, en yüksek değerlerin ise %15-20 lüpen unu ilaveleriyle elde edildiği gözlenmiştir (Çizelge 4.34).

DN oranı açısından yapılan değerlendirmede, makarna örneklerinin ortalama Zn miktarının 1.36-1.43 mg/100 g arasında değiştiği ve örnekler arasında istatistiki açıdan bir fark oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.34).

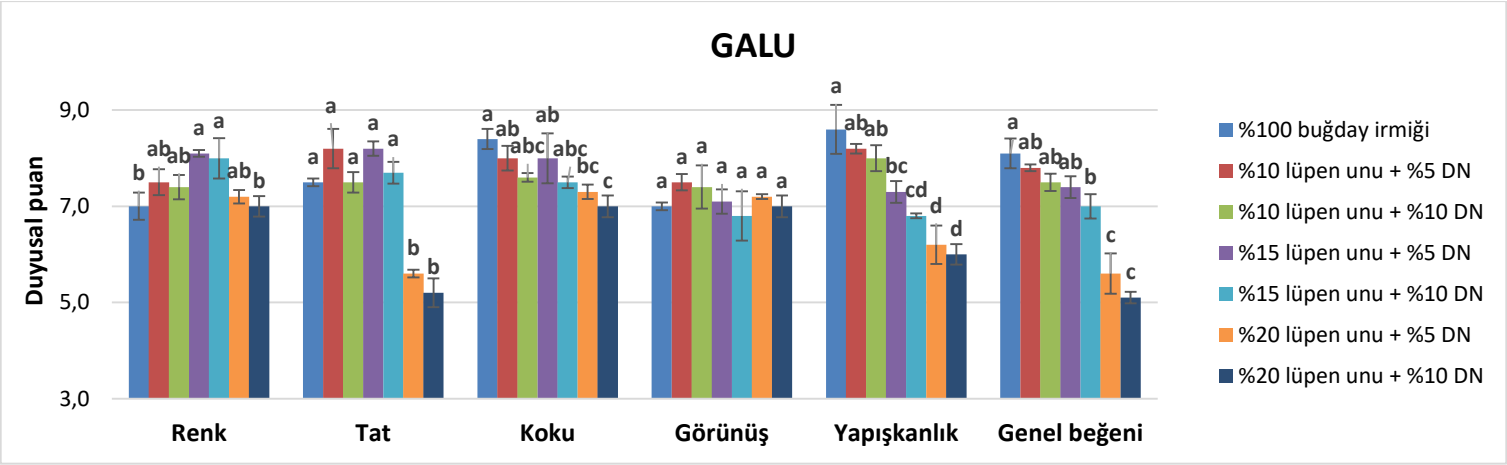
Makarna üretiminde %10 oranında lüpen unu kullanılan bir çalışmada, lüpen unu ilavesi ile kontrol (%100 buğday irmiği) makarna örneğinin Ca, P, Mg ve Zn içeriğinde artış olduğu bildirilmiştir (Torres ve ark., 2007).

Kek üretiminde %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında lüpen unu kullanılan bir çalışmada; kontrol örnekle karşılaştırıldığında, lüpen unu içeren keklerin daha yüksek Ca, Fe, Mg, Mn, P ve Zn miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Levent ve Bilgiçli, 2011).

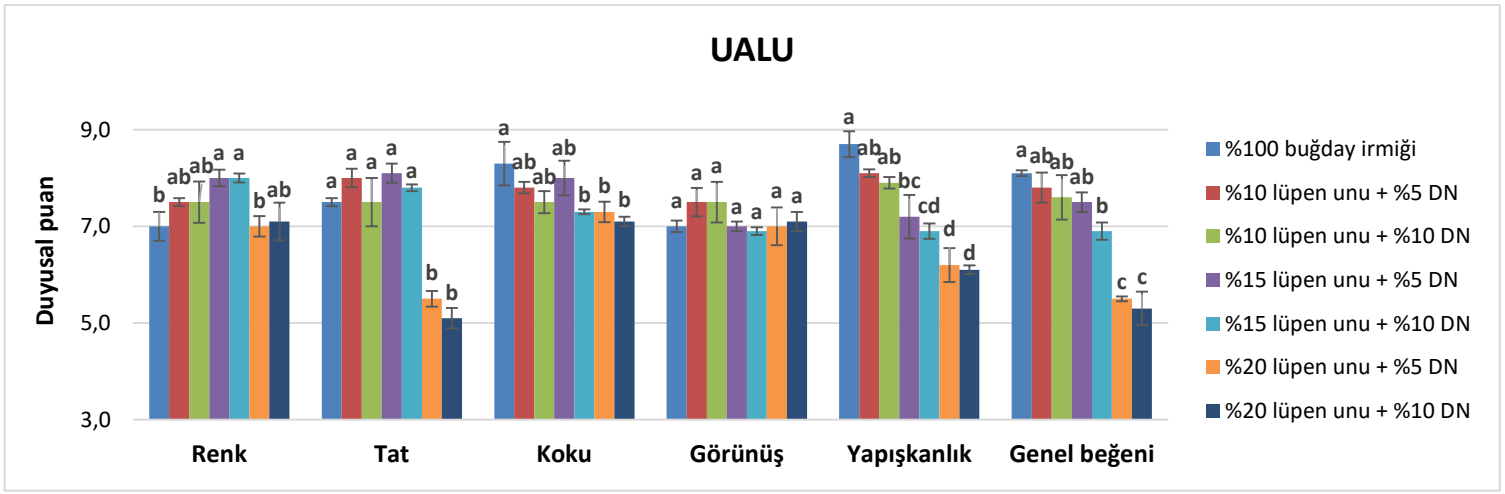
Bayrakçı ve Bilgiçli (2015) tarafından yapılan bir çalışmada; %0, 15, 30 ve 45 oranlarında DN kullanılarak tarhana üretilmiştir. DN içeren örneklerin Fe, K, Mg, P ve Zn miktarının, DN ilave edilmeden üretilen tarhana örneğinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

4.4.4. Duyusal analiz sonuçları

Duyusal analiz, kontrol örneği (%100 buğday irmiği makarnası) ile birlikte hem lüpen unu ve hem de DN içeren makarna örneklerinde yapılmıştır. Makarna örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Şekil 4.19 ve 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Farklı oranlarda GALU ve DN içeren makarna örneklerine ait duyusal analiz sonuçları



Şekil 4.20. Farklı oranlarda UALU ve DN içeren makarna örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Renk puanları açısından yapılan değerlendirmede, %15 oranında GALU/UALU ile DN (%5 ve 10) içeren makarna örneklerinin kontrol buğday irmiği makarnasından daha yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir. %10 oranında GALU/UALU ve DN ilave edilerek üretilen makarnaların, renk açısından %15 oranında lüpen unu ve DN içeren makarnalara yakın puanlara sahip olduğu görülmüştür. Lüpen ununun sarı rengi makarna rengini olumlu yönde etkilemiş, DN'nin beyaz rengini de maskelemiştir.

Makarna formülasyonunda %20'ye kadar lüpen unu (GALU ve UALU) ve DN (%5 ve 10) kullanımı, makarna tadının kontrol makarna örneğine yakın olmasını sağlamıştır. %20 oranında lüpen unu ve DN (%5 ve 10) kullanımı ise, tat parametresi açısından makarna örneklerine verilen puanların düşmesine neden olmuştur.

Yüksek oranda (%20) lüpen unu ve DN (%5 ve 10) kullanımı makarna örneklerinin koku puanlarını olumsuz etkilemiş; hem GALU hem de UALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinde %20 kullanım oranı, kontrol makarnadan daha düşük koku puanları ile sonuçlanmıştır.

Görünüş parametresi açısından karşılaştırma yapıldığında, lüpen unu ve DN kullanımının makarna örneklerinin görünüşünde herhangi bir olumsuzluk oluşturmadığı ve bütün örneklerin aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. %10 lüpen unu ve DN içeren makarna örneklerine verilen puanlar kontrol makarnasından daha yüksek olmuş, ancak bu fark önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Lüpen unu ilavesi makarna örneklerinin yapışkanlığının artmasına neden olmuş, artan lüpen unu kullanımı ile birlikte makarna örneklerinin yapışkanlık puanları da düşmüştür. Bununla birlikte, %10 oranında lüpen unu (GALU ve UALU) ve DN (%5 ve 10) kullanılarak üretilen makarna örneklerinin kontrol makarnasına yakın puanlar aldığı gözlenmiştir.

Genel beğeni puanı açısından yapılan değerlendirmede; %10 GALU/UALU ve DN içeren örnekler ile %15 GALU/UALU ve %5 DN kullanılarak üretilen makarnaların kontrol buğday irmiği makarnasına benzer puanlar aldığı, %15 GALU/UALU ve %10 DN ilave edilmiş makarnaların genel beğeni puanının ise kontrolden düşük olduğu belirlenmiştir. Hem GALU hem de UALU içeren makarna örneklerinde en yüksek lüpen unu kullanım oranı (%20) ve DN (%5 ve 10) ilavesinin en düşük genel beğeni puanları ile sonuçlandığı, ancak bu puanların 5'in üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.19 ve 4.20).

Mahmoud ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, erişte üretiminde %0, 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında lüpen unu kullanılmış; %5 ve 10 oranlarında lüpen unu

içeren örneklerin kontrol erişte (%0 lüpen unu) örneğine benzer genel beğeni puanlarına sahip olduğu, %15 oranında lüpen unu ilavesi ile eriştelerin genel beğeni puanlarının düştüğü ve en düşük puanların ise %20 ve 25 oranlarında lüpen unu içeren erişte örneklerinde olduğu raporlanmıştır.

Bilgiçli ve İbanoğlu (2015) erişte üretiminde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında lüpen unu kullanımının duyusal özellikler (renk, görünüş, ağız hissiyatı, tekstür ve genel beğeni) üzerine etkilerini incelemişler, %10 oranında lüpen unu kullanılarak üretilen erişte örneğinin en yüksek duyusal puanlara sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Bustos ve ark. (2011b), makarna üretiminde %10 oranında DN kullanımının yapışkanlığı azalttığını, kontrol (%0 DN) ile benzer elastikiyet puanları sağladığını, ancak %10 DN katkılı makarnaların genel beğeni puanının kontrolden daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Gelencser ve ark. (2008), %10 oranında DN kullanılarak üretilen makarna örneklerinin görünüş ve tekstür özelliklerinin DN içermeyen kontrol makarnasına benzer olduğunu, tat ve koku özelliklerinin ise kontrolden düşük olduğunu raporlamışlardır.

4.5. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Üretilen Makarna Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen makarna örnekleri arasında, "%15 GALU/UALU + %10 DN" içeren örneklerin teknolojik kalite açısından ümitvar olduğu tespit edilmiştir. "%15 GALU/UALU + %10 DN" içeren makarna formülasyonuna çeşitli katkı maddeleri (vital gluten ve/veya transglutaminaz) ilave edilerek makarnalar üretilmiştir. Elde edilen makarna örneklerine ait analiz sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

4.5.1. Renk değerleri

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerine ait renk değerleri Çizelge 4.35'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36'da ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Makarna örneklerinin L^* değerleri 55.76-59.81 arasında değişmiştir (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre, katkı çeşidi faktörünün makarna örneklerinin L^* değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.36).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; GALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinin ortalama *L** değerinin 57.77, UALU kullanılarak üretilen örneklerin ortalama *L** değerinin ise 57.65 olduğu ve örnekler arasında istatistiki açıdan bir fark oluşmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.35. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerine ait renk değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Katkı çeşidi	*L**	*a**	*b**	ΔE
GALU[2]	%100 buğday irmiği	57.47±0.79	0.26±0.27	29.48±0.62	-
	%15 GALU+%10 DN[3]	58.20±0.85	2.30±0.11	30.77±0.89	2.64±0.76
	%15 GALU+%10 DN+VG[4]	56.07±0.72	2.49±0.22	29.21±0.91	2.61±0.70
	%15 GALU+%10 DN+TG[5]	59.81±1.13	2.53±0.17	31.19±0.83	3.67±0.72
	%15 GALU+%10 DN+VG+TG	57.29±0.85	2.35±0.21	31.02±0.93	2.53±0.67
UALU[6]	%100 buğday irmiği	57.89±0.95	0.28±0.25	29.76±0.88	-
	%15 UALU+%10 DN	58.28±0.79	2.25±0.14	31.17±0.72	2.35±0.79
	%15 UALU+%10 DN+VG	55.76±1.10	2.24±0.21	29.49±0.92	2.98±0.81
	%15 UALU+%10 DN+TG	59.27±0.95	2.39±0.25	31.35±0.82	2.93±0.82
	%15 UALU+%10 DN+VG+TG	57.08±0.88	2.41±0.18	31.31±0.98	2.75±0.66
Minimum-maksimum		55.76-59.81	0.26-2.53	29.21-31.35	2.35-3.67
Ortalama±std		57.71±1.40	1.95±0.88	30.48±1.06	2.81±0.67

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Dirençli nişasta. [4]Vital gluten. [5]Transglutaminaz. [6]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında; makarna örneklerinin ortalama *L** değerinin 55.91-59.54 arasında değiştiği görülmüştür. Transglutaminaz katkılı makarnaların ortalama *L** değerinin "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren katkısız makarnaların *L** değerine yakın olduğu, ancak vital gluten katkısının "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren katkısız makarnaların ortalama *L** değerini düşürdüğü bulunmuştur (Çizelge 4.37). Vital glutenin mat ve kremsi renginin, makarna örneklerinin *L** değerinin düşmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin *a** değerleri 0.26-2.53 arasında değişmiş, ortalama *a** değeri 1.95 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre, makarna örneklerinin *a** değeri üzerinde katkı çeşidi faktörünün $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.36).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidinin makarna örneklerinin *a** değeri üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı sonucuna ulaşılmış, GALU ve UALU içeren makarna örneklerinin ortalama *a** değerleri sırasıyla 1.98 ve 1.91 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.36. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.063	0.076ns	0.027	0.612ns	0.398	0.543ns
Katkı çeşidi (B)	4	7.128	8.613**	3.547	81.501**	3.350	4.572*
AxB	4	0.138	0.167ns	0.016	0.370ns	0.007	0.010ns
Hata	10	0.828		0.044		0.733	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.37. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	10	57.77±1.37[a]	1.98±0.97[a]	30.33±0.92[a]
UALU[3]	10	57.65±1.32[a]	1.91±0.92[a]	30.61±0.91[a]
Katkı çeşidi				
%100 buğday irmiği	4	57.68±0.30[b]	0.27±0.01[b]	29.62±0.20[b]
%15 lüpen unu+%10 DN[4]	4	58.24±0.06[ab]	2.27±0.04[a]	30.97±0.28[a]
%15 lüpen unu+%10 DN+VG[5]	4	55.91±0.22[c]	2.36±0.18[a]	29.35±0.20[b]
%15 lüpen unu+%10 DN+TG[6]	4	59.54±0.38[a]	2.46±0.10[a]	31.27±0.11[a]
%15 lüpen unu+%10 DN+VG+TG	4	57.18±0.15[bc]	2.38±0.04[a]	31.16±0.21[a]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta. [5]Vital gluten. [6]Transglutaminaz.

Makarna örneklerinin *a** değeri katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında, %100 buğday irmiği kullanılarak üretilen makarna örneklerinin ortalama *a** değerinin diğer örneklerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan katkı maddelerinin, "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren katkısız makarnaların ortalama *a** değeri üzerinde istatistiki açıdan anlamlı bir etki oluşturmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.37).

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin ortalama *b** değeri 30.48 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre, makarna örneklerinin *b** değeri üzerinde katkı çeşidi faktörünün $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.36).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde; GALU kullanılarak üretilen makarnalar (30.33) ile UALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinin (30.61) ortalama *b** değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu, ancak örnekler arasında istatistiki açıdan bir fark oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.37).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında; %100 buğday irmiği kullanılarak üretilen katkısız makarna örnekleri ile "%15 lüpen unu + %10 DN + vital gluten" içeren makarna örneklerinin ortalama *b** değerinin aynı grupta yer aldığı ve diğer örneklerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Transglutaminaz ile vital gluten+transglutaminaz kombinasyonunu içeren makarnaların, "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren katkısız makarna örneklerinin ortalama *b** değerine yakın sonuçlara sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.37). Sissons ve ark. (2010), bu durumu transglutaminaz enziminin makarnanın dış yüzeyinde bir değişikliğe sebep olacak derecede bir etki göstermemesi ile ilişkilendirmişlerdir.

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarnaların ΔE değerleri 2.35-3.67 arasında değişmiş, ortalama ΔE değeri 2.81 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.35). %100 buğday irmiği kullanılarak üretilen makarnaların ΔE değeri hesaplanmadığı için, ΔE değerlerine varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmamıştır. Genel olarak, makarna örneklerinin ΔE değerlerinin birbirine yakın olduğu ve "%15 GALU + %10 DN + transglutaminaz" içeren makarna dışındaki örneklerin ΔE değerinin 3'ün altında olduğu belirlenmiştir.

Majzoobi ve ark. (2011), makarna üretiminde %3 oranında vital gluten kullanımı ile örneklerin *L** değerinin 81.1'den 76.9'a düştüğünü ve bu durumun vital glutenin kremsi renginden kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir.

Vital gluten katkısının %70 fasulye unu ve %30 buğday irmiği kullanılarak üretilen eriştenin kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; %2.5 vital gluten içeren örneğin *a** değerinin katkısız örneğe benzer olduğu, *b** değerinin ise katkısız erişte örneğinden daha düşük olduğu bulunmuştur (Bilgiçli ve ark., 2010).

Karadeniz (2007) tarafından yapılan bir çalışmada; %5 oranında vital gluten ilavesinin erişte örneklerinin *L** değerini kontrole göre düşürdüğü, *a** ve *b** değerini ise artırdığı belirlenmiştir. Özellikle *a** ve *b** değerlerine ait sonuçların bu çalışmada elde edilen sonuçlardan farklı olmasının, erişte üretiminde kullanılan hammaddenin buğday unu olması ve kullanılan vital glutenin oranı ile makarna ve erişte üretim prosesindeki farklılıklar ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Lüpen unu katkılı erişte kalitesi üzerinde transglutaminaz enziminin etkilerinin incelendiği bir çalışmada, transglutaminaz katkısının erişte örneklerinin renk *L**, *a** ve *b** değerleri üzerinde katkısız örneklere göre önemli ($p>0.05$) bir değişikliğe sebep olmadığı belirlenmiştir (Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015).

Weng ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada; katkısız erişte örneğinin *L**, *a** ve *b** değerleri sırasıyla 82.0, -1.7 ve 10.0 olarak, %0.5 transglutaminaz katkılı eriştenin aynı değerleri ise sırasıyla 82.5, -1.4 ve 10.0 olarak bulunmuştur.

4.5.2. Pişirme testi ve sıkılık analiz sonuçları

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerine ait pişirme testi (ağırlık artışı, hacim artışı ve SGKM) ve pişirilmiş makarnaya ait sıkılık analiz sonuçları Çizelge 4.38'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39'da ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.40'da verilmiştir.

4.5.2.1. Ağırlık artışı

Farklı katkı maddeleri ilave edilerek üretilen pişmiş makarna örneklerinin ağırlık artışı değerleri %137.13-149.27 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.38). Varyans analizi sonuçlarına göre, katkı çeşidi faktörünün makarna örneklerinin ağırlık artışı değerleri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.39).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, GALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinin ortalama ağırlık artışı değeri (%144.06) ile UALU içeren makarnaların ortalama ağırlık artışı değerinin (%143.93) birbirlerine oldukça yakın olduğu ve aynı grupta yer aldıkları görülmüştür (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.38. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerine ait pişirme testi ve sıkılık analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Katkı çeşidi	Ağırlık artışı (%)	Hacim artışı (%)	SGKM[2] (%)	Sıkılık (g)
GALU[3]	%100 buğday irmiği	146.38±2.64	216.15±2.40	4.58±0.18	1435±9.90
	%15 GALU+%10 DN[4]	137.13±2.94	204.95±2.19	6.20±0.16	1107±11.31
	%15 GALU+%10 DN+VG[5]	149.27±2.26	212.18±1.95	4.78±0.19	1395±13.97
	%15 GALU+%10 DN+TG[6]	142.36±4.19	207.14±2.56	5.65±0.16	1408±11.31
	%15 GALU+%10 DN+VG+TG	145.16±3.01	210.28±1.81	4.87±0.18	1407±8.49
UALU[7]	%100 buğday irmiği	147.85±2.14	213.27±1.84	4.66±0.23	1458±14.14
	%15 UALU+%10 DN	138.64±1.57	202.17±2.38	6.17±0.25	1077±9.90
	%15 UALU+%10 DN+VG	146.42±3.03	209.38±2.45	4.86±0.20	1336±11.31
	%15 UALU+%10 DN+TG	141.27±4.26	207.19±2.06	5.71±0.16	1345±9.90
	%15 UALU+%10 DN+VG+TG	145.46±2.91	206.15±1.53	4.93±0.17	1342±11.31
Minimum-maksimum		137.13-149.27	202.17-216.15	4.58-6.20	1077-1458
Ortalama±std		143.99±4.46	208.89±4.38	5.24±0.63	1331±129.14

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Suya geçen kuru madde. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta. [5]Vital gluten. [6]Transglutaminaz. [7]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Katkı çeşidi açısından yapılan değerlendirmede, makarna örneklerinin ortalama ağırlık artışı değerlerinin %137.88-147.84 arasında değiştiği belirlenmiştir. Vital gluten ile vital gluten + transglutaminaz katkılı makarnaların ortalama ağırlık artışı değerlerinin, %100 buğday irmiği ile üretilen makarnaların ortalama ağırlık artışı değerlerine yakın olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.40). Nişasta jelatinizasyonu ile gluten proteinlerinin su absorbsiyonunun, pişirme süresince makarna örneklerinin ağırlık artışı üzerindeki esas etkenler olduğu belirtilmekte (Delcour ve ark., 2000; Sözer ve Kaya, 2003) ve artan gluten miktarı ile birlikte makarnanın ağırlık artışı değerinin de arttığı ifade edilmektedir (Majzoobi ve ark., 2011).

Çizelge 4.39. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin pişirme testi ve sıkılık değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ağırlık artışı		Hacim artışı		SGKM[2]		Sıkılık	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.087	0.010ns	31.475	6.873*	0.012	0.333ns	7527.200	58.898**
Katkı çeşidi (B)	4	68.371	7.584**	69.276	15.128**	1.761	48.826**	75614.000	591.659**
AxB	4	3.439	0.381ns	2.362	0.516ns	0.002	0.056ns	1394.200	10.909**
Hata	10	9.015		4.579		0.036		127.800	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Suya geçen kuru madde.

Çizelge 4.40. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin pişirme testi ve sıkılık değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ağırlık artışı (%)	Hacim artışı (%)	SGKM[2] (%)	Sıkılık (g)
Lüpen unu çeşidi					
GALU[3]	10	144.06±4.60[a]	210.14±4.37[a]	5.22±0.68[a]	1350±136.86[a]
UALU[4]	10	143.93±3.84[a]	207.63±4.09[b]	5.26±0.64[a]	1311±140.63[b]
Katkı çeşidi					
%100 buğday irmiği	4	147.11±1.04[a]	214.71±2.04[a]	4.62±0.06[c]	1446±16.26[a]
%15 lüpen unu+%10 DN[5]	4	137.88±1.07[c]	203.56±1.97[d]	6.18±0.02[a]	1092±21.21[c]
%15 lüpen unu+%10 DN+VG[6]	4	147.84±2.02[a]	210.78±1.98[b]	4.82±0.05[c]	1365±41.80[b]
%15 lüpen unu+%10 DN+TG[7]	4	141.81±0.77[bc]	207.17±0.03[c]	5.68±0.04[b]	1376±44.55[b]
%15 lüpen unu+%10 DN+VG+TG	4	145.31±0.21[ab]	208.21±2.92[bc]	4.90±0.04[c]	1374±45.96[b]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Suya geçen kuru madde. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [5]Dirençli nişasta. [6]Vital gluten. [7]Transglutaminaz.

Li ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, erişte üretiminde vital gluten kullanımı ile katkısız eriştenin ağırlık artışı değerinin %187'den %203'e yükseldiği belirlenmiştir.

Jyotsna ve ark. (2004), buğday unundan yapılan makarna formülasyonuna vital gluten ilavesinin, katkısız örneğe göre, pişmiş makarna ağırlığını artırdığını bildirmişlerdir.

Kang ve ark. (2014), erişte üretiminde transglutaminaz enzimi kullanımının, katkısız erişte örneğine göre, ağırlık artışı değerinde önemli ($p>0.05$) bir değişikliğe sebep olmadığını raporlamışlardır.

4.5.2.2. Hacim artışı

Çeşitli katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarnaların hacim artışı değerleri %202.17-216.15 arasında değişmiştir (Çizelge 4.38). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin hacim artışı değerleri üzerinde; lüpen unu çeşidi faktörü $p<0.05$ düzeyinde, katkı çeşidi faktörü ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.39).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; GALU kullanılarak üretilen makarnaların ortalama hacim artışı değeri (%210.14), UALU içeren makarnaların ortalama hacim artışı değerinden (%207.63) daha yüksek bulunmakla birlikte, aradaki fark sayısal olarak oldukça azdır (Çizelge 4.40).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında; en yüksek hacim artışı değerinin %100 buğday irmiği kullanılarak üretilen makarnalarda bulunduğu ve bunu vital gluten katkılı makarnalar ile vital gluten + transglutaminaz katkılı makarnaların takip ettiği görülmüştür (Çizelge 4.40). Vital gluten ilavesi ile protein matrisinin güçlenmesi, bu sonuçlar üzerinde etkili olmuş olabilir. Transglutaminaz enziminin etkisi ise, pişirme esnasında nişasta kaybını azaltması ve böylece daha fazla suyun nişasta tarafından tutulabilmesi ile açıklanabilir (Kuraishi ve ark., 2001).

Yalçın ve Başman (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, transglutaminaz enzimi ilave edilerek üretilen eriştenin katkısız erişteden daha yüksek hacim artışı değerine sahip olduğu, ancak ağırlık artışı değerinin transglutaminaz enzimi katkısından etkilenmediği belirlenmiştir.

4.5.2.3. Suya geçen kuru madde (SGKM) miktarı

Farklı katkı maddeleri içeren makarna örneklerinin SGKM miktarı %4.58-6.20 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.38). Varyans analizi sonuçlarına göre; katkı çeşidi faktörü, makarna örneklerinin SGKM miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.39).

Lüpen unu çeşidi açısından yapılan karşılaştırmada; GALU içeren makarnaların ortalama SGKM miktarı %5.22, UALU kullanılarak üretilen makarnaların ortalama SGKM miktarı ise %5.26 olarak belirlenmiş ve örnekler arasında istatistiki bir fark oluşmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.40).

Sonuçlar katkı çeşidi açısından değerlendirildiğinde; bütün katkılı makarnaların, "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren katkısız makarnalardan daha düşük SGKM miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Vital gluten ile "vital gluten + transglutaminaz" kombinasyonunu içeren makarna örnekleri, %100 buğday irmiğinden üretilen makarnalar ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.40). Yeyinli (2006), makarnanın bileşiminde bulunan gluten proteinlerinin pişme esnasında suyu emerek nişastadan daha hızlı bir şekilde şiştiğini ve ağ yapı oluşturarak diğer bileşenlerin pişirme suyuna geçişini önlediğini bildirmiştir. Vital gluten katkısının lüpen unu ve DN içeren makarnanın SGKM miktarını azaltıcı etkisinin, artan gluten içeriği ile pişme esnasında makarnada oluşan ağ yapının güçlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Transglutaminaz enziminin pişmiş makarna örneklerinin SGKM miktarı üzerindeki etkisi ise, proteinlerin çapraz bağlanmasını sağlayarak suyun nişasta granüllerine nüfuzunu kısıtlaması ve

böylece SGKM miktarını azaltması şeklinde açıklanmaktadır (Weng ve ark., 2020). Kuraishi ve ark. (2001) ise, transglutaminaz enzimi kullanımının makarna hamurundaki nişastanın gluten ağı içerisinde daha iyi bir şekilde tutulmasını sağladığını ve böylece pişirme suyuna daha az katı madde geçişi olduğunu belirtmişlerdir.

Rabah ve Abdennour (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, buğday unu kullanılarak üretilen makarna formülasyonuna %2 ve 4 oranlarında vital gluten ilave edilmiştir. SGKM miktarı; katkısız buğday unu makarnasında %8.50 bulunurken, %2 ve 4 oranlarında vital gluten içeren makarnalarda sırasıyla %6.30 ve 6.01 olarak bulunmuştur.

Erişte pişme kalitesi üzerinde vital glutenin etkisinin incelendiği bir çalışmada; katkısız erişte örneğinde %8.6 olarak belirlenen SGKM miktarının, %4 vital gluten ilaveli erişte örneğinde %7.5'e düştüğü ifade edilmiştir (Park ve Baik, 2009).

Y. Kim ve ark. (2014), erişte formülasyonuna transglutaminaz enzimi ilavesi ile, pişmiş eriştenin SGKM miktarında katkısız örneğe göre azalma olduğunu raporlamışlardır. Transglutaminaz enziminin etkisi ile çapraz bağlanmış proteinlerin güçlü bir ağ oluşturarak su nüfuzuna karşı bir bariyer oluşturabileceğini ve bu sayede SGKM miktarının azalabildiğini belirtmişlerdir.

Rosa-Sibakov ve ark. (2016), fermente bakla unu içeren makarnanın SGKM miktarını %11.5 olarak belirlemişler, transglutaminaz katkısı ile SGKM miktarının %10.3'e düştüğünü raporlamışlardır. Benzer sonuçlar Takacs ve ark. (2008) tarafından da elde edilmiş, makarna üretiminde 50 mg/kg transglutaminaz enzimi kullanımının pişmiş makarnaların SGKM miktarını %15.10'dan %9.25'e düşürdüğü belirlenmiştir.

4.5.2.4. Sıkılık

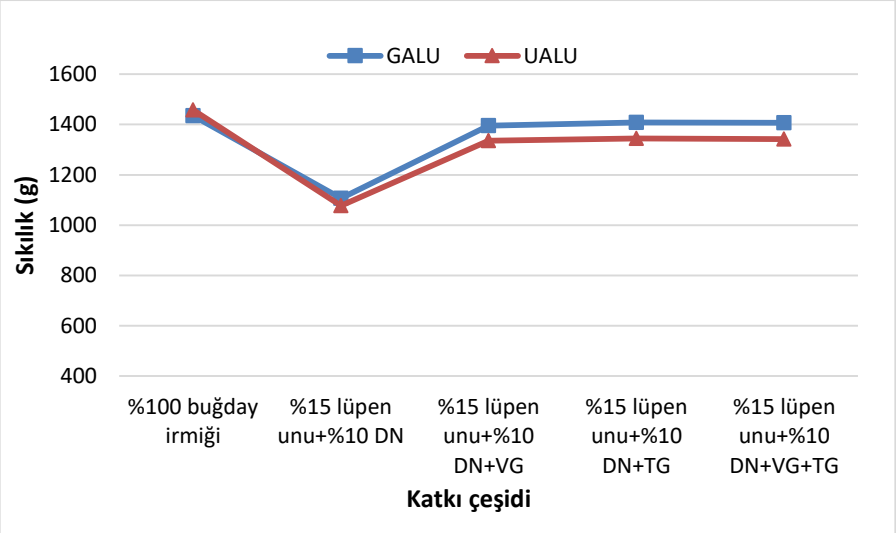
Çeşitli katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin ortalama sıkılık değeri 1331 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Varyans analizi sonuçlarına göre makarna örneklerinin sıkılık değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.39).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; UALU içeren makarna örneklerinin ortalama sıkılık değerinin (1311 g), lüpen unu çeşidi olarak GALU kullanılan makarnaların ortalama sıkılık değerinden (1350 g) daha düşük olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.40). Bu durum,

ultrasonun lüpen ununun bileşiminde bulunan proteinler üzerinde yapısal değişikliklere neden olması ile ilişkilendirilmiş ve daha önce 4.4.2.4 başlığı altında detaylı bir şekilde tartışılmıştır.

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, makarna örneklerinin ortalama sıkılık değerinin 1092-1446 g arasında değiştiği belirlenmiş; en düşük sıkılık değeri "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren katkısız makarnalarda, en yüksek sıkılık değeri ise %100 buğday irmiği içeren makarnalarda elde edilmiştir. Katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örnekleri kendi arasında karşılaştırıldığında, sıkılık değeri üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadıkları, bununla birlikte katkısız "%15 lüpen unu + %10 DN" makarnasının sıkılık değerini artırdıkları görülmüştür (Çizelge 4.40). Katkı maddelerinin kullanımı, lüpen unu ve DN ilavesi ile bozulan ağ yapının güçlenmesine yardımcı olmuş ve makarna örneklerinin sıkılığını katkısız örneğe göre artırmıştır (Sudha ve Leelavathi, 2012).

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerinin sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Her üç katkı çeşidi de, "%15 GALU/UALU + %10 DN" kullanılarak üretilen makarnaların sıkılık değeri üzerinde dikkat çekici bir artış sağlamıştır.



Şekil 4.21. Farklı katkı maddeleri içeren makarna örneklerinin sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

Gliadin ve gluteninden oluşan gluten, makarna pişme kalitesi üzerinde en etkili faktör olarak düşünülmektedir (Dexter ve Matsuo, 1978). Sissons ve ark. (2005), makarnanın gluten içeriğinin artmasıyla birlikte sıkılık değerinin de arttığını,

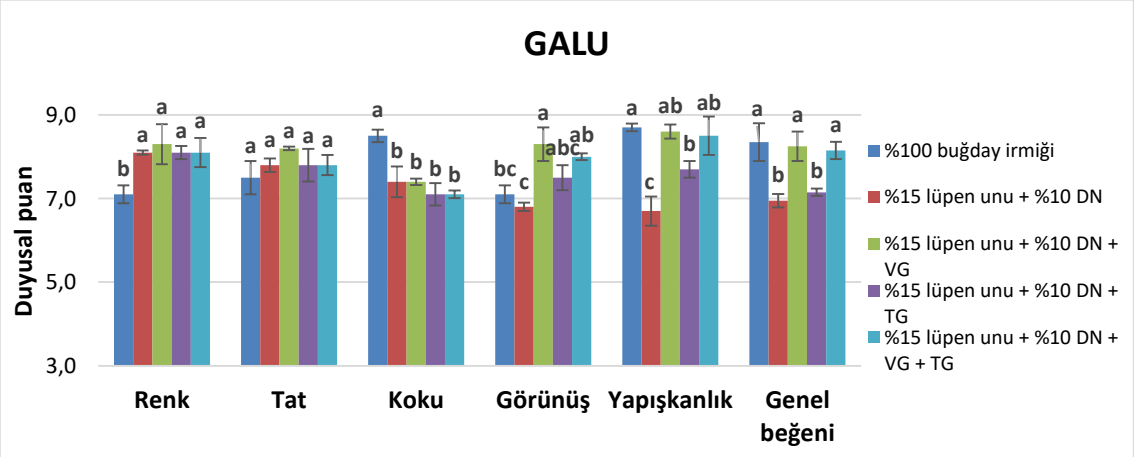
yapışkanlığının ise azaldığını bildirmişlerdir. Sudha ve Leelavathi (2012), %10 oranında amarant unu kullanılarak üretilen makarnaya %2 ve 4 oranlarında vital gluten eklemiş, artan gluten oranı ile birlikte pişmiş makarna örneklerinin sıkılık değerinin de arttığını belirlemişlerdir.

Literatürde bulunan çalışmalarda da bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer bulgular elde edilmiş; düşük proteinli irmik (Aalami ve Leelavathi, 2008), ticari irmik (Sissons ve ark., 2010) ve buğday unu (Kuraishi ve ark., 2001) ile hazırlanan makarnaların üretiminde kullanılan transglutaminaz enziminin, gluten proteinlerinin çapraz bağlanmasını sağlayarak makarna örneklerinin sıkılık değerini artırdığı bildirilmiştir.

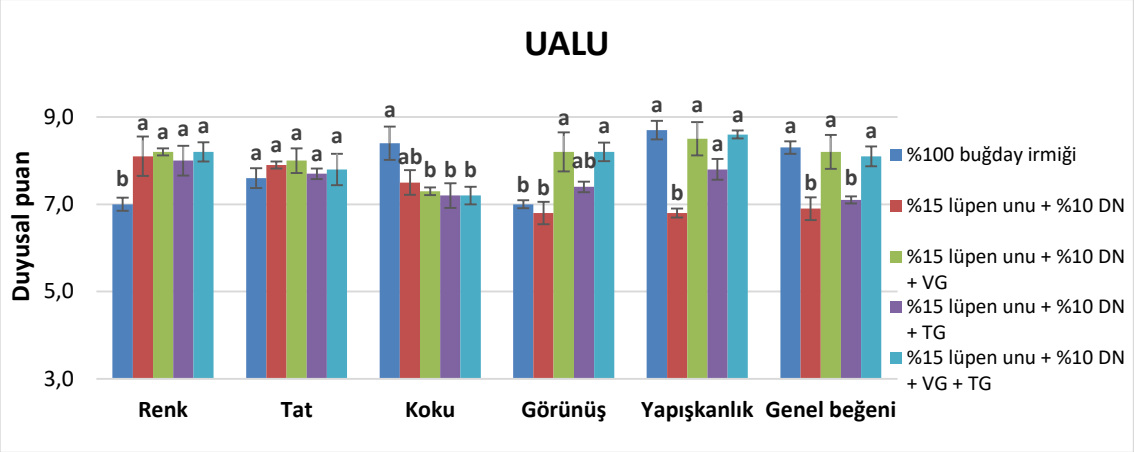
Limroongreungrat ve ark. (2011), Moringa yaprağı tozu ilave edilmiş erişte örneklerinde transglutaminaz enzimi (%0.3) katkısının, katkısız erişte örneği ile karşılaştırıldığında, ağ mikro yapısını güçlendirdiğini ve pişmiş erişte örneklerinin sıkılık değerini artırdığını raporlamışlardır.

4.5.3. Duyusal analiz sonuçları

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örneklerine ait duyusal analiz (renk, tat, koku, görünüş, yapışkanlık ve genel beğeni) sonuçları Şekil 4.22 ve 4.23'te gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna (GALU ilave edilmiş) örneklerine ait duyusal analiz sonuçları



Şekil 4.23. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna (UALU ilave edilmiş) örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Her iki lüpen unu çeşidinin (GALU ve UALU) kullanıldığı makarna örneklerinde de katkı maddelerinin (vital gluten, transglutaminaz, vital gluten+transglutamianz) kullanımı, katkısız "%15 lüpen unu + %10 DN" örneğinin renginde bir farklılık oluşturmamıştır. Bununla birlikte, lüpen unu ve DN içeren bu örneklerin rengi panelistler tarafından daha fazla beğenilmiş ve %100 buğday irmiği makarnasından (kontrol) daha yüksek puanlar aldıkları görülmüştür.

Makarna örnekleri tat parametresi açısından karşılaştırıldığında, hem GALU hem de UALU kullanılarak üretilen bütün örneklerin aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Katkı maddelerinin kullanımı, makarna örneklerinin tadında herhangi bir olumsuzluk oluşturmamıştır.

"%15 lüpen unu + %10 DN" içeren makarna örneklerine ilave edilen katkı maddeleri, makarnaların koku puanları üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Ancak tüm katkılı örnekler kontrol örneklerden düşük puan almıştır. Kullanılan tüm lüpen unu çeşitlerinde, üretilen bütün makarna örneklerine koku parametresi için verilen puanların 7'nin üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.22 ve 4.23).

Makarna formülasyonuna katkı maddelerinin ilave edilmesi, örneklerin görünüşü üzerinde olumlu etki göstermiş, katkı içeren makarnaların görünüş puanlarının katkısız "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren makarna örneklerinden ve kontrolden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Vital gluten katkısının makarna örneklerinin görünüşü üzerindeki etkisi dikkat çekici bulunmuştur.

Makarna üretiminde "%15 lüpen unu + %10 DN" kullanımı, makarna örneklerinin yapışkanlığını kontrole göre önemli ölçüde azaltırken, her iki lüpen unu çeşidini içeren örneklerde de vital gluten ve vital gluten+transglutaminaz kullanımı yapışkanlığın

azalmasını sağlayarak, “%15 lüpen unu + %10 DN” içeren katkılı örneklerin kontrole benzer yapışkanlık puanlarına sahip olmasını sağlamıştır.

Genel beğeni puanları açısından yapılan değerlendirmede, “%15 lüpen unu + %10 DN” ilavesi ile düşen genel beğeni puanlarının, vital gluten ve vital gluten+transglutaminaz katkılarının kullanımı ile yükseldiği görülmüştür. Transglutaminaz enzimi ile katkılanan makarna örneklerinin genel beğeni puanının ise, katkısız “%15 lüpen unu + %10 DN” içeren makarna örneklerine yakın olduğu belirlenmiştir.

Duyusal analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, “%15 GALU/UALU + %10 DN” ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin duyusal özelliklerinin geliştirilmesinde en etkili katkı maddesinin vital gluten olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Pan ve ark. (2018), erişte üretiminde vital gluten kullanımının katkısız erişte örneğine göre renk ve aroma özelliklerini etkilemezken, tekstür ve genel beğeni özelliklerini geliştirdiğini belirlemişlerdir.

Majzoobi ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, %3 oranında vital gluten katkısının makarna örneklerinin duyusal özelliklerini (renk, yapışkanlık, sertlik, tat ve genel beğeni) katkısız örneğe göre önemli ölçüde iyileştirdiği ve %3 oranında gluten katkılı makarnaların tadım panelinde en yüksek puanları aldığı raporlanmıştır.

Başman ve ark. (2006), makarna formülasyonuna %0.4 oranında transglutaminaz ilavesinin örneklerin sıkılık, yapışkanlık ve hacim özelliklerini katkısız makarnaya göre geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Weng ve ark. (2020); %0.5 oranında transglutaminaz enzimi kullanılarak üretilen erişte örneğinin, katkısız erişte örneğine benzer görünür, renk, aroma, tekstür ve genel beğeni puanları aldığını belirlemişlerdir.

4.6. Ekmek Analiz Sonuçları

Ekmek üretiminde; %0, 10, 15 ve 20 oranlarında kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilmiş GALU/UALU örnekleri kullanılmış ve her lüpen unu oranına %0, 5 ve 10 oranlarında DN ilave edilmiştir. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait analiz sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

4.6.1. Renk değerleri

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin kabuk renk değerleri Çizelge 4.41'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.42'de ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.43'te verilmiştir. Ekmek örneklerinin iç renk değerleri ise Çizelge 4.44'te, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.45'te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.46'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.41 Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait kabuk renk değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	*L**	*a**	*b**	ΔE
GALU[3]	0	0	58.01±0.95	10.61±0.31	31.88±0.68	-
		5	59.52±0.71	9.29±0.24	30.18±0.75	2.63±0.70
		10	60.67±0.98	8.28±0.27	28.98±1.07	4.58±0.74
	10	0	59.67±0.88	9.66±0.17	34.65±0.81	3.36±0.86
		5	61.96±0.99	8.38±0.16	33.72±0.79	4.89±1.09
		10	62.88±0.81	7.44±0.25	32.65±0.88	5.86±1.15
	15	0	60.87±1.06	8.53±0.31	35.83±1.03	5.30±0.81
		5	61.93±1.20	7.61±0.27	34.39±0.71	5.54±0.83
		10	62.57±0.81	6.22±0.33	34.00±1.06	6.67±0.94
	20	0	63.45±0.74	6.75±0.28	38.23±0.91	9.21±1.02
		5	64.46±0.93	5.61±0.25	37.64±0.83	9.99±0.89
		10	64.80±0.89	4.38±0.17	36.91±1.09	10.50±0.97
UALU[4]	0	0	58.21±1.07	10.52±0.34	31.65±0.91	-
		5	59.63±0.72	9.38±0.23	30.27±0.93	2.28±0.81
		10	60.74±0.95	8.42±0.25	28.80±0.95	4.35±0.90
	10	0	59.93±0.91	9.63±0.16	34.09±1.06	3.12±1.04
		5	61.30±0.83	8.28±0.18	33.39±0.79	4.19±0.96
		10	62.02±1.02	7.01±0.25	32.08±0.93	5.20±0.79
	15	0	60.63±0.88	8.25±0.33	35.70±0.74	5.24±0.87
		5	61.58±0.92	7.47±0.20	34.32±0.91	5.27±0.93
		10	62.48±1.13	6.37±0.24	33.23±0.88	6.16±0.98
	20	0	63.36±0.86	6.64±0.23	37.89±0.86	8.97±1.15
		5	64.38±1.16	5.99±0.34	37.18±0.72	9.44±0.69
		10	64.91±1.06	4.35±0.25	36.85±0.69	10.49±0.65
Minimum-maksimum			58.01-64.91	4.35-10.61	28.80-38.23	2.28-10.50
Ortalama±std			61.67±2.07	7.71±1.71	33.94±2.82	6.06±2.86

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Ekmek rengi, müşteri tercihini etkileyen önemli bir özelliktir (Yoo ve ark., 2006). Pişirme işlemi esnasında meydana gelen Maillard ve karamelizasyon reaksiyonları, ekmek kabuk rengini oluşturmaktadır (Jusoh ve ark., 2007). Ekmek örneklerine ait kabuk *L** değeri 58.01 ve 64.91 arasında değişmiştir (Çizelge 4.41). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ekmek örneklerinin kabuk *L** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	L^*		a^*		b^*	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.219	0.245ns	0.017	0.263ns	1.089	1.397ns
Lüpen unu oranı (B)	3	46.191	51.785**	31.390	477.817**	105.119	134.838**
DN[2] oranı (C)	2	18.324	20.543**	20.551	312.834**	16.894	21.670**
AxB	3	0.171	0.192ns	0.046	0.701ns	0.072	0.093ns
AxC	2	0.087	0.097ns	0.035	0.529ns	0.042	0.053ns
BxC	6	0.398	0.446ns	0.074	1.132ns	0.546	0.700ns
AxBxC	6	0.101	0.114ns	0.048	0.729ns	0.067	0.085ns
Hata	24	0.892		0.066		0.780	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2] Dirençli nişasta.

Çizelge 4.43. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	24	61.73±2.06[a]	7.73±1.78[a]	34.08±2.85[a]
UALU[3]	24	61.59±1.97[a]	7.69±1.74[a]	33.78±2.81[a]
Lüpen unu oranı (%)				
0	12	59.46±1.17[c]	9.42±0.99[a]	30.29±1.29[d]
10	12	61.29±1.26[b]	8.40±1.09[b]	33.43±0.94[c]
15	12	61.67±0.81[b]	7.41±0.95[c]	34.58±1.01[b]
20	12	64.23±0.67[a]	5.62±1.06[d]	37.45±0.56[a]
DN[4] oranı (%)				
0	16	60.52±2.05[c]	8.82±1.55[a]	34.99±2.44[a]
5	16	61.84±1.85[b]	7.75±1.39[b]	33.88±2.74[b]
10	16	62.63±1.59[a]	6.56±1.57[c]	32.94±3.07[c]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU içeren ekmeklerin ortalama kabuk *L** değerinin (61.73) UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama kabuk *L** değerine (61.59) oldukça yakın olduğu ve aralarında istatistiki açıdan bir fark oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.43).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile ekmeklerin ortalama kabuk *L** değerinin 59.46'dan 64.23'e yükseldiği belirlenmiştir. %10 ve 15 oranlarında lüpen unu ilave edilerek üretilen ekmeklerin kabuk *L** değeri arasında anlamlı bir farklılık oluşmadığı bulunmuştur (Çizelge 4.43).

Artan DN oranı ile birlikte, ekmek örneklerinin kabuk *L** değerinde de artış olduğu görülmüştür. %0, 5 ve 10 oranlarında DN içeren ekmeklerin ortalama kabuk *L** değeri sırasıyla 60.52, 61.84 ve 62.63 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.43).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak hazırlanan ekmeklerin ortalama kabuk *a** değeri 7.71 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.41). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu çeşidi, kabuk *a** değeri üzerinde istatistiki bir fark oluşturmamış, GALU ve UALU ilave edilerek üretilen ekmeklerin ortalama kabuk *a** değerlerinin sırasıyla 7.73 ve 7.69 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.43).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde, artan lüpen unu oranı ile birlikte ekmeklerin kabuk a^* değerinin azaldığı belirlenmiştir. Ortalama kabuk a^* değeri lüpen unu ihtiva etmeyen ekmeklerde 9.42, %20 lüpen unu içeren ekmeklerde ise 5.62 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.43).

Ekmek örneklerinin kabuk a^* değeri DN oranı açısından karşılaştırıldığında; ekmek formülasyonunda kullanılan DN oranının %0'dan %10'a yükselmesi, ortalama kabuk a^* değerinin 8.82'den 6.56'ya düşmesine neden olmuştur (Çizelge 4.43). Ekmek formülasyonuna ilave edilen DN ile birlikte gluten proteinlerinde oluşan oransal seyrelmenin ve serbest şeker miktarındaki azalmanın, pişme işlemi esnasında kabuk renginde esmerleşmeye sebep olan Maillard reaksiyon ürünlerinin daha az miktarda oluşumuna ve daha açık renkli kabuk oluşumuna neden olmuş olabileceği tahmin edilmektedir (Altuna ve ark., 2015). Hidalgo ve Brandolini (2011) de, DN ilavesi ile pişirme esnasında Maillard reaksiyonu için gerekli olan serbest indirgen şeker miktarının azalacağını ve bu durumun ekmeklerde daha az kahverengi renge sebep olacağını belirtmişlerdir.

Ekmek örneklerine ait kabuk b^* değeri 28.80-38.23 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.41). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin kabuk b^* değeri üzerinde lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.42).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidinin ekmek örneklerinin kabuk b^* değeri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. GALU ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama kabuk b^* değeri 34.08, UALU ile hazırlanan ekmeklerin ortalama kabuk b^* değeri ise 33.78 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.43).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranındaki artışla birlikte örneklerin kabuk b^* değerinin dikkat çekici bir şekilde arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Lüpen unu içermeyen ekmeklerin ortalama kabuk b^* değeri, %20 lüpen unu ilavesi ile 30.29'dan 37.45'e yükselmiştir. Lüpen ununa rengini veren doğal pigmentlerin, lüpen unu içeren ekmeklerin daha yüksek b^* değerine sahip olmasını sağladığı düşünülmektedir (Çizelge 4.43).

Ekmeklerin üretiminde kullanılan DN oranının artması ile örneklerin ortalama kabuk b^* değerinin azaldığı belirlenmiştir. %0, 5 ve 10 DN ilave edilerek üretilen ekmeklerin ortalama kabuk b^* değeri sırasıyla 34.99, 33.88 ve 32.94 olarak bulunmuştur

(Çizelge 4.43). Bu farkın, DN'nin buğday ununa göre daha düşük *b** değerine sahip olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.13 ve 4.43).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmeklerin ΔE değeri 2.28-10.50 arasında değişmiş, ortalama ΔE değeri 6.06 olarak belirlenmiştir. %100 buğday unu kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ΔE değeri hesaplanmadığı için, sonuçlara varyans analizi ve Duncan testi uygulanmamıştır. Ham değerler üzerinden yapılan değerlendirmede, hem GALU hem de UALU içeren ekmek örneklerinde lüpen unu ve DN oranındaki artışın ΔE değerlerini de artırdığı görülmüştür (Çizelge 4.41).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin iç *L** değeri 67.15 ve 72.64 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.44). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin iç *L** değeri üzerinde lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.44. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait ekmek içi renk değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	*L**	*a**	*b**	ΔE
GALU[3]	0	0	72.64±0.85	-1.56±0.21	14.79±0.76	-
		5	71.63±1.12	-1.58±0.25	14.61±0.61	1.03±1.01
		10	71.33±0.88	-1.61±0.18	13.76±0.78	1.67±0.77
	10	0	71.62±1.03	-1.41±0.27	23.55±0.89	8.82±0.82
		5	70.79±1.02	-1.50±0.25	23.31±0.93	8.72±0.79
		10	70.55±0.98	-1.61±0.34	23.24±1.05	8.70±0.70
	15	0	69.90±0.93	-0.99±0.28	27.53±1.12	13.04±0.87
		5	68.93±1.15	-1.15±0.33	27.21±0.93	12.97±0.73
		10	68.56±0.96	-1.28±0.31	26.78±1.09	12.67±0.93
	20	0	68.24±1.03	-0.77±0.35	29.64±0.91	15.51±0.87
		5	67.86±1.16	-0.85±0.24	29.44±0.76	15.43±0.95
		10	67.15±0.99	-0.94±0.18	29.18±0.71	15.41±1.01
UALU[4]	0	0	72.56±0.95	-1.55±0.20	14.63±0.88	-
		5	71.49±0.91	-1.58±0.21	14.54±0.62	1.07±0.80
		10	71.28±1.09	-1.60±0.23	13.58±0.76	1.66±0.86
	10	0	71.97±1.16	-1.35±0.18	23.52±0.69	8.91±0.71
		5	70.84±1.07	-1.43±0.21	23.27±0.74	8.81±0.65
		10	70.45±0.99	-1.50±0.23	23.09±0.82	8.72±0.72
	15	0	70.00±0.82	-1.10±0.20	27.57±1.10	13.20±0.68
		5	68.81±1.05	-1.25±0.18	27.12±1.05	13.04±0.76
		10	68.43±1.03	-1.44±0.27	26.87±0.98	12.92±1.07
	20	0	68.51±0.76	-0.88±0.34	29.67±0.83	15.59±0.92
		5	67.70±0.88	-0.91±0.25	29.50±0.75	15.66±0.80
		10	67.41±1.03	-1.00±0.18	28.89±0.96	15.17±0.96
Minimum-maksimum			67.15-72.64	(-1.61)-(-0.77)	13.58-29.67	1.03-15.66
Ortalama±std			69.94±1.84	-1.29±0.34	23.55±5.86	10.40±5.37

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu.
[4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.45. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin ekmek içi renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.005	0.005ns	0.010	0.152ns	0.052	0.068ns
Lüpen unu oranı (B)	3	39.881	40.006**	1.127	17.798**	530.062	691.168**
DN[2] oranı (C)	2	7.027	7.049**	0.117	1.856ns	1.958	2.554ns
AxB	3	0.034	0.034ns	0.024	0.384ns	0.011	0.015ns
AxC	2	0.066	0.066ns	0.000	0.004ns	0.013	0.017ns
BxC	6	0.055	0.055ns	0.012	0.191ns	0.131	0.171ns
AxBxC	6	0.022	0.022ns	0.001	0.012ns	0.014	0.018ns
Hata	24	0.997		0.063		0.767	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.46. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin ekmek içi renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	24	69.93±1.76[a]	-1.27±0.32[a]	23.58±6.00[a]
UALU[3]	24	69.95±1.74[a]	-1.29±0.26[a]	23.52±6.04[a]
Lüpen unu oranı (%)				
0	12	71.82±0.62[a]	-1.58±0.02[c]	14.32±0.51[d]
10	12	71.03±0.62[a]	-1.47±0.09[c]	23.33±0.18[c]
15	12	69.10±0.68[b]	-1.20±0.16[b]	27.18±0.33[b]
20	12	67.81±0.51[c]	-0.89±0.08[a]	29.39±0.30[a]
DN[4] oranı (%)				
0	16	70.68±1.76[a]	-1.20±0.31[a]	23.86±6.12[a]
5	16	69.75±1.61[b]	-1.28±0.29[a]	23.62±6.06[a]
10	16	69.39±1.71[b]	-1.37±0.27[a]	23.17±6.28[a]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama iç *L** değeri birbirine oldukça yakın bulunmuş ve aralarında istatistiki açıdan bir fark oluşmamıştır (Çizelge 4.46).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde; %10 lüpen unu ilavesinin ekmek örneklerinin ortalama iç *L** değerini lüpen unu içermeyen (%0) örneklere göre değiştirmediği, %10'un üzerinde lüpen unu kullanımının ise ortalama iç *L** değerinin düşmesine neden olduğu görülmüştür (Çizelge 4.46). Bu düşüşün, lüpen ununa rengini veren pigmentlerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Gomez ve ark. (2008), ekmek içi renk değerlerinin hammaddelerin renkleri ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir

DN ilave edilmeden üretilen ekmeklerin iç *L** değeri 70.68 olarak bulunurken, %5 ve 10 DN içeren ekmeklerin ortalama iç *L** değeri sırasıyla 69.75 ve 69.39 olarak belirlenmiştir. DN ilavesi ile ekmeklerin ortalama iç *L** değeri azalmış, %5 ve 10 DN içeren ekmek örneklerinin ortalama iç *L** değeri aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.46).

Ekmek örneklerinin iç *a** değeri (-1.61) ve (-0.77) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.44). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı faktörü ekmeklerin iç *a** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.45).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, lüpen unu çeşidi olarak kullanılan GALU ve UALU örneklerinin

ekmeklerin iç a^* değeri üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.46).

Sonuçlar lüpen unu oranı yönünden karşılaştırıldığında, ekmeklerin ortalama iç a^* değerinin (-1.58)-(-0.89) arasında değiştiği ve %10 lüpen unu kullanım oranının, lüpen unu içermeyen ekmeklerin ortalama iç a^* değerine yakın sonuçlar sağladığı, daha yüksek lüpen unu oranlarında ise a^* değerinin arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

DN oranı açısından değerlendirme yapıldığında, ekmek örneklerinin ortalama iç a^* değerinin (-1.37) ve (-1.20) arasında değiştiği gözlenmiştir. Bütün örneklerin ortalama iç a^* değeri aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.46).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek elde edilen ekmeklerin ortalama iç b^* değeri 23.55 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.44). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin iç b^* değeri üzerinde lüpen unu oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.45).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidi olarak GALU kullanılan ekmeklerin ortalama iç b^* değeri 23.58, UALU içeren ekmeklerin ortalama iç b^* değeri ise 23.52 olarak belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidi, ekmeklerin iç b^* değeri üzerinde anlamlı bir etki oluşturmamıştır (Çizelge 4.46).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı yönünden karşılaştırıldığında, artan lüpen unu kullanımı ile birlikte ekmeklerin iç b^* değeri de dikkat çekici bir şekilde artmıştır. Lüpen unu içermeyen örneklerde 14.32 olarak belirlenen ortalama iç b^* değeri, %20 oranında lüpen unu kullanımı ile 29.39'a yükselmiştir (Çizelge 4.46). Lüpen ununun sarı renginden sorumlu olan pigmentlerin, lüpen unu içeren ekmek örneklerinin b^* değerinin artmasında etkili olduğu tahmin edilmektedir.

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada, ekmeklerin ortalama iç b^* değerinin 23.17 ve 23.86 arasında değiştiği görülmüş, DN kullanımı ekmek örneklerinin iç b^* değeri üzerinde anlamlı bir etki oluşturmamıştır (Çizelge 4.46).

Ertaş (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, %10 oranında lüpen unu içeren ekmek örneklerinin iç L^* ve a^* değerleri buğday unu ekmeğine yakın bulunurken, lüpen unu ilavesi ile kontrole göre daha yüksek iç b^* değerleri elde edilmiştir.

Ekmek örneklerine ait ΔE değeri 1.03 ve 15.66 arasında değişim göstermiş, ortalama ΔE değeri 10.40 olarak bulunmuştur. Ham sayılara göre yapılan değerlendirmede, her iki lüpen unu çeşidinin kullanıldığı ekmek örneklerinde de, artan lüpen unu oranları ile birlikte ΔE değerinin arttığı görülmüştür. DN oranındaki artışın ise birbirine yakın ΔE değerleri verdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.44).

Abdel-Samie ve Abdulla (2016), ekmek formülasyonuna %15 oranında lüpen unu ilave edilmesi ile; kabuk L^*, b^* ve ΔE değerleri ile iç b^* ve ΔE değerlerinin kontrole göre arttığını, kabuk a^* değeri ile iç L^* ve a^* değerlerinin ise azaldığını bildirmişlerdir.

Kek üretiminde farklı oranlarda (%0-40) lüpen unu kullanılan bir çalışmada, %10 oranında lüpen unu ihtiva eden kek örneklerinin iç L^* değerinin kontrole göre daha düşük, a^* ve b^* değerlerinin ise kontrolden daha yüksek olduğu raporlanmıştır (Levent ve Bilgiçli, 2011).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde, Barros ve ark. (2018) da ekmek üretiminde kullanılan DN oranınındaki artışla birlikte kabuk L^* değerinin arttığını, a^* değerinin ise azaldığını ifade etmişlerdir. Ekmek üretiminde DN kullanılan bir başka çalışmada da, buğday ununun DN ile ikame edilmesinin ekmek örneklerinin kabuk a^* ve b^* değerlerinin azalmasına neden olduğu raporlanmıştır (Altuna ve ark., 2015).

Shyu ve ark. (2018) farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) DN ilavesi ile ekmek üretmişler, %10 DN içeren ekmek örneğinin iç a^* ve b^* değerlerinin kontrol ekmek örneğine yakın olduğunu bulmuşlardır.

4.6.2. Ağırlık

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen ekmek örneklerine ait ağırlık değerleri Çizelge 4.47'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.48'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Ekmek örneklerinin ağırlıkları 144.05-178.41 g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.47). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin ağırlığı üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* ve *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.48).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; UALU ilave edilerek üretilen ekmeklerin ortalama ağırlığı (156.75 g), GALU kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama ağırlığından (160.08 g) daha düşük bulunmuştur. UALU içeren ekmeklerin hacminin GALU içeren ekmeklerden daha yüksek olması, pişirme sırasında buharlaşarak uzaklaşan su miktarının artmasını sağlayarak pişme kaybını yükseltmiş ve böylece daha düşük ekmek ağırlığı sağlamış olabilir (Çizelge 4.49). Ayrıca UALU örneklerinin elde edilmesinde meydana gelen ultrasonik kavitasyonun, proteinlerin hidrofobik yüzeyinde

artışa neden olması ile proteinlerin su tutma kapasitesini azaltması da bu sonucun elde edilmesinde etkili olmuş olabilir (Resendiz-Vazquez ve ark., 2017).

Lüpen unu oranı açısından sonuçlar değerlendirildiğinde; ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranının artmasıyla birlikte, ekmek ağırlıklarının da doğrusal bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Lüpen unu kullanılmadan üretilen ekmeklerin ortalama ağırlığı 145.76 g olarak bulunurken, %20 oranında lüpen unu ilavesi ortalama ekmek ağırlığını 172.48 g'a yükseltmiştir (Çizelge 4.49). Liu ve ark. (2018), bu durumun baklagil unlarının daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olmaları ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Yüksek oranda diyet lifi ve protein içeren lüpen ununun (Çizelge 4.14), pişirme işlemi esnasında su kaybına engel olarak ekmek örneklerinde ağırlık artışına sebep olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, gluten miktarındaki seyrelmenin ekmek örneklerinin daha az kabarmasına neden olarak pişme kaybını azaltması, lüpen unu içeren ekmek örneklerinde ağırlık artışına neden olmuş olabilir (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.47. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Ağırlık (g)	Hacim (ml)	Spesifik hacim (ml/g)
GALU[3]	0	0	146.11±1.23	623.25±9.90	4.26±0.12
		5	144.05±1.05	637.18±8.39	4.42±0.22
		10	147.99±1.19	603.42±11.02	4.07±0.15
	10	0	154.72±0.72	411.67±9.88	2.66±0.24
		5	153.12±0.79	428.05±10.13	2.80±0.21
		10	157.48±1.11	395.18±10.78	2.51±0.18
	15	0	162.92±0.80	368.26±8.36	2.26±0.20
		5	165.13±1.02	360.34±8.20	2.18±0.16
		10	168.05±0.76	330.07±11.57	1.96±0.20
	20	0	168.68±0.95	335.46±9.49	1.99±0.23
		5	175.17±0.79	317.28±7.11	1.81±0.17
		10	178.41±0.76	301.39±10.27	1.69±0.19
UALU[4]	0	0	145.03±1.03	625.42±9.38	4.31±0.11
		5	144.21±0.88	640.25±10.04	4.44±0.19
		10	147.17±0.98	606.13±8.09	4.12±0.22
	10	0	150.21±0.75	480.48±11.03	3.20±0.16
		5	147.32±0.93	502.19±7.57	3.41±0.13
		10	152.18±0.71	465.24±9.32	3.06±0.21
	15	0	159.35±0.89	467.32±10.06	2.94±0.18
		5	160.28±0.76	465.57±9.39	2.91±0.22
		10	165.16±0.89	443.52±9.67	2.68±0.23
	20	0	167.42±0.72	391.34±10.32	2.34±0.20
		5	171.08±1.06	370.25±11.16	2.16±0.21
		10	174.14±0.76	335.46±9.55	1.93±0.19
Minimum-maksimum			144.05-178.41	301.39-640.25	1.69-4.44
Ortalama±std			158.56±10.79	454.36±112.02	2.92±0.91

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.48. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ağırlık		Hacim		Spesifik hacim	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	122.018	147.163**	38717.720	413.360**	1.989	54.244**
Lüpen unu oranı (B)	3	1674.255	2019.288**	173475.031	1852.063**	11.564	315.425**
DN[2] oranı (C)	2	93.941	113.300**	4495.441	47.994**	0.341	9.311**
AxB	3	11.194	13.500**	5630.030	60.108**	0.262	7.146**
AxC	2	1.138	1.372ns	14.597	0.156ns	0.002	0.050ns
BxC	6	13.329	16.076**	344.464	3.678**	0.028	0.773ns
AxBxC	6	1.188	1.433ns	61.904	0.661ns	0.002	0.053ns
Hata	24	0.829		93.666		0.037	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2] Dirençli nişasta.

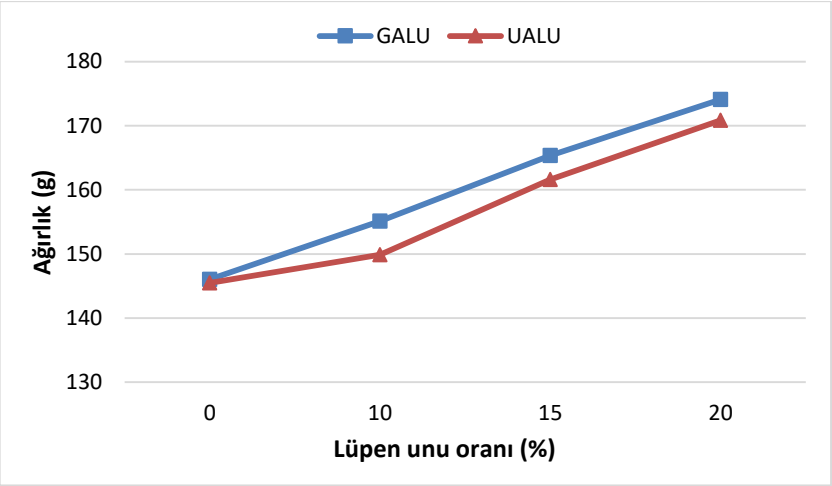
Çizelge 4.49. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ağırlık (g)	Hacim (ml)	Spesifik hacim (ml/g)
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	24	160.08±11.35^{a}	425.96±123.78^{b}	2.72±0.99^{b}
UALU[3]	24	156.75±10.66^{b}	482.76±98.10^{a}	3.12±0.83^{a}
Lüpen unu oranı (%)				
0	12	145.76±1.61^{d}	622.61±15.31^{a}	4.27±0.15^{a}
10	12	152.50±3.53^{c}	447.13±41.93^{b}	2.94±0.34^{b}
15	12	163.48±3.29^{b}	405.85±59.98^{c}	2.49±0.41^{c}
20	12	172.48±4.18^{a}	341.86±33.40^{d}	1.98±0.24^{d}
DN[4] oranı (%)				
0	16	156.80±9.24^{c}	462.90±110.45^{a}	2.94±0.89^{a}
5	16	157.54±12.21^{b}	465.14±122.39^{a}	3.02±1.01^{a}
10	16	161.32±11.91^{a}	435.05±118.92^{b}	2.75±0.94^{b}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

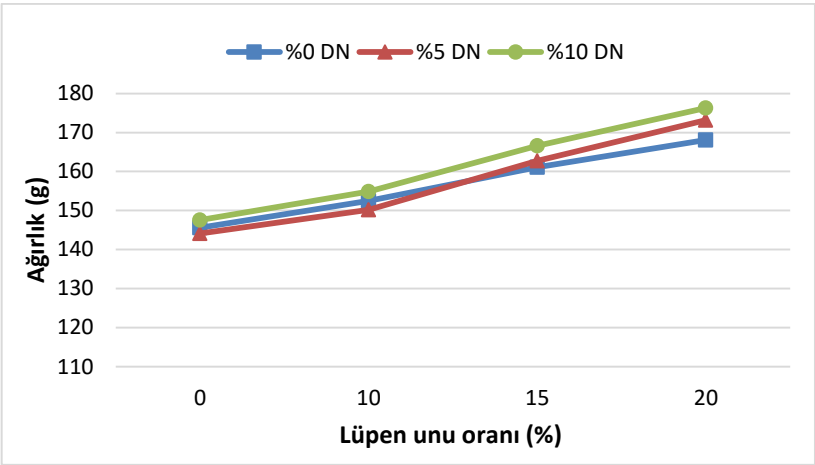
Sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek üretiminde kullanılan DN oranının %0'dan %10'a yükselmesi ile ortalama ekmek ağırlığının 156.80 g'dan 161.32 g'a yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.49). Sweedman ve ark. (2013); hidrojen bağları aracılığıyla hidroksil gruplara daha fazla su bağlanmasına izin veren hidrofobik fonksiyonel gruplar içeren modifiye nişastanın bozulmuş granül yapısı sebebiyle, modifiye nişasta ile ikame edilmiş hamurun su absorbsiyon kapasitesinin arttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan çapraz bağlı Tip4 DN'nin de benzer şekilde su absorbsiyon kapasitesini artırarak, DN ilavesi ile ekmek ağırlığının artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Ekmek örneklerinin ağırlık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu Şekil 4.24'te gösterilmiştir. Hem GALU hem de UALU kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ilave edilen lüpen unu oranındaki artış, ağırlık değerlerinin de artmasına neden olmuştur. GALU içeren ekmeklerin, UALU içeren ekmeklerden az bir farkla olsa da daha yüksek ağırlık değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.24. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin ağırlık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu

Ekmeklerin ağırlık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.25'te verilmiştir. Her üç DN oranını (%0, 5 ve 10) içeren ekmek örneklerinde de, lüpen unu kullanım oranının artması ekmek ağırlıklarının artması ile sonuçlanmıştır. En yüksek ağırlık değerinin "%20 lüpen unu + %10 DN" ilave edilerek üretilen ekmek örneğinde bulunduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.25. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin ağırlık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer veriler elde eden Liu ve ark. (2018); %10 ve 20 oranlarında lüpen unu ihtiva eden ekmek örneklerine ait ağırlık değerlerinin, %100 buğday unu ekmeğinin ağırlığından daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Farklı oranlarda (%0, 10, 15, 20 ve 25) lüpen unu kullanılarak ekmek üretilen bir çalışmada, formülasyona ilave edilen lüpen unu oranının artması ekmek örneklerinin ağırlık değerinin de artmasına neden olmuştur (Piasecka-Jozwiak ve ark., 2018).

Yeo ve Seib (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; %10, 30 ve 50 oranlarında DN ilave edilerek ekmek üretilmiştir. Ekmek örneklerine ilave edilen DN oranının artması, ağırlık değerlerinin artması ile sonuçlanmıştır.

4.6.3. Hacim

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait ortalama hacim değeri 454.36 ml olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.47). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* ve *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.48).

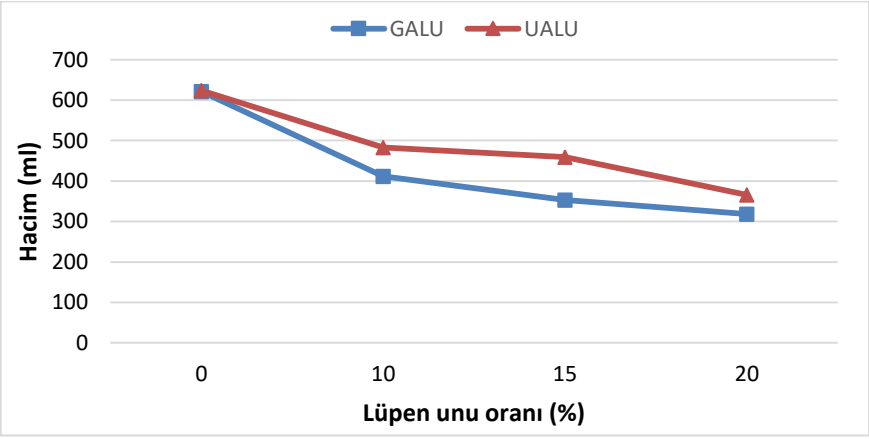
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; UALU ihtiva eden ekmeklerin ortalama hacim değerinin (482.76 ml), GALU içeren ekmeklere (425.96 ml) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.49). Oksidasyonla meydana gelen hidroperoksitler, protein molekülünde bulunan serbest sülfidril gruplarının disülfit gruplarına dönüşümünü sağlayarak hamur kuvvetlendirici rol oynayabilmekte ve daha iyi gelişmiş bir gluten ağına imkan verebilmektedir (Elgün ve Ertugay, 2002; Li ve ark., 2019). Daha önce 4.1 ve 4.2 başlıkları altında detaylıca tartışıldığı gibi, ultrason uygulamasının sebep olduğu oksidasyon nedeniyle hidroperoksitlerin oluştuğu literatürdeki birçok çalışmada bildirilmiştir (Jahouach-Rabai ve ark., 2008; Jiang ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2017). Bu çalışmada, ultrason uygulaması ile elde edilen UALU örneklerinin ekmek yapımı sırasında bileşimindeki hidroperoksitlerden dolayı bir oksidan gibi iş görerek hamuru kuvvetlendirdiği ve böylece ekmek hacminde artış sağladığı tahmin edilmektedir. Bazı araştırmacılar tarafından da, ultrason uygulaması esnasında ortaya çıkan gaz baloncuklarında oluşan hidrojen peroksitin serbest sülfidril (-SH) gruplarını oksitlediği ve S-S bağları oluşturduğu varsayılmıştır (Hu ve ark., 2013; Kang ve ark., 2016; Yang ve ark., 2018).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, lüpen unu oranındaki artışın ekmek hacminin doğrusal bir şekilde azalmasına neden olduğu görülmüştür. %0, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren ekmeklerin hacmi sırasıyla

622.61, 447.13, 405.85 ve 341.86 ml olarak bulunmuştur (Çizelge 4.49). Ekmek hacmindeki azalma, lüpen unu ilavesi ile birlikte visko-elastik özellikler ve gaz tutma kapasitesinde azalmaya neden olan gluten miktarı ve kalitesindeki kayba atfedilmektedir (Dervas ve ark., 1999; Doxastakis ve ark., 2002; Pollard ve ark., 2002).

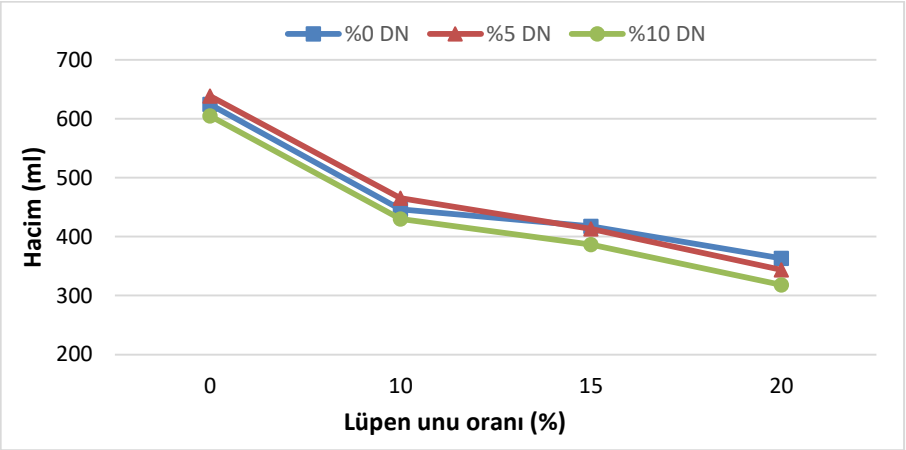
DN oranı açısından yapılan değerlendirmede, %5 DN ilavesinin DN içermeyen ekmeklere yakın ekmek hacmi sağladığı ve hacim değerini olumsuz etkilemediği görülmüştür. %5'in üzerindeki DN ilavesi ise ekmek örneklerinin ortalama hacim değerinin azalmasına sebebiyet vermiştir (Çizelge 4.49). Yüksek oranda DN kullanımı ile ekmek hacminde meydana gelen azalma; gluten miktarındaki seyrelme, gluten ile DN arasında meydana gelen etkileşimler nedeniyle gluten ağı yapısının bozulması ve DN'nin bileşimindeki liflerin güçlü su absorbsiyon özelliklerinin pişme esnasında üretilen buhar miktarını baskılaması sebeplerine dayandırılmaktadır (Gill ve ark., 2002). Miyazaki ve ark. (2006) ise, DN ilaveli ekmek hacmindeki düşüşün başka bir sebebinin de DN'nin maya tarafından üretilen amilolitik enzimlerce hidrolize edilememesi ve bu nedenle genel fermentasyon sürecinin yavaşlaması olduğunu belirtmektedirler. Bu faktörlerin %5'in üzerinde DN içeren ekmeklerin hacmini olumsuz etkilediği tahmin edilmektedir (Mohebbi ve ark., 2018).

Ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu Şekil 4.26'da gösterilmiştir. GALU içeren ekmeklerin hacminin, UALU içerenlere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun yanında, her iki lüpen unu çeşidini içeren ekmeklerde de, artan lüpen unu oranlarıyla birlikte ekmek hacminin azaldığı belirlenmiştir. %20 lüpen unu oranında, lüpen unu çeşidinden bağımsız olarak ekmek hacim değerleri birbirine yaklaşmıştır.



Şekil 4.26. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmeklerin hacmi üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranındaki artışın ekmek hacmini düşürdüğü gözlenmiştir. %0 lüpen unu + %5 DN ihtiva eden ekmek örneğinin en yüksek hacme sahip olduğu ve bunu %100 buğday unu (%0 lüpen unu + %0 DN) ekmeğinin takip ettiği belirlenmiştir. En düşük ekmek hacmi tahmin edildiği gibi %20 lüpen unu + %10 DN ilavesiyle elde edilmiştir.



Şekil 4.27. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Lüpen unu kullanımının ekmeğin fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine etkilerini araştıran Guillamon ve ark. (2010a); %10 oranında lüpen unu ilave edilen ekmek örneğinin hacminin, kontrol buğday unu ekmeğine göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Mubarak (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, ekmek üretiminde farklı lüpen ürünleri (lüpen unu, lüpen protein izolatı ve lüpen protein konsantratı) kullanılmıştır. Ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen ürünü oranındaki artışla birlikte, ekmek hacminin azaldığı belirtilmiştir.

Ekmek üretiminde %0, 15, 20 ve 25 oranlarında Tip4 DN kullanılan bir çalışmada, kontrol (%0 DN) ekmek örneğinin hacmi 658 cm^3 olarak belirlenirken; %15, 20 ve 25 oranlarında DN ihtiva eden ekmek örneklerinin hacmi sırasıyla 638, 630 ve 613 cm^3 olarak bulunmuştur (Arıbaş ve ark., 2020a).

Sanz ve ark. (2008a); kek üretiminde %15 oranında DN kullanımının, DN içermeyen örneklere göre daha düşük kek hacmine neden olduğunu raporlamışlardır.

4.6.4. Spesifik hacim

Ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri 1.69-4.44 ml/g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.47). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu, ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.48).

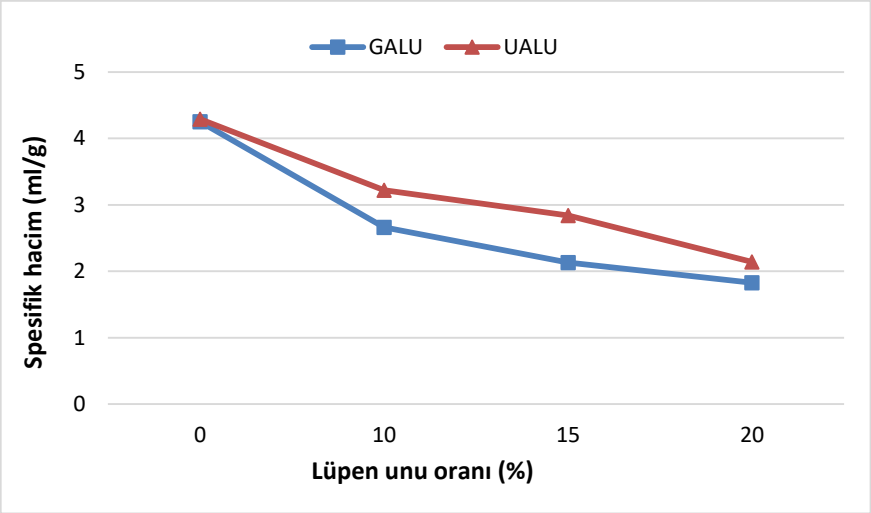
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, UALU içeren ekmeklerin (3.12 ml/g) GALU içeren ekmeklerden (2.72 ml/g) daha yüksek ortalama spesifik hacim değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.49). Ultrason uygulaması nedeniyle UALU örneklerinde oluşan hidroperoksitlerin, hamur oksidasyonuna sebep olarak gluten ağının kuvvetlenmesini sağladığı ve hacim artıcı etkisi sebebiyle de spesifik hacim değerinin GALU örneklerine göre daha yüksek olmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında; artan lüpen unu ilavesiyle birlikte ekmeklerin spesifik hacim değerinin azaldığı, lüpen unu içermeyen ekmek örneklerinde 4.27 ml/g olarak bulunan ortalama spesifik hacim değerinin, %20 oranında lüpen unu ilavesiyle hazırlanan ekmeklerde 1.98 ml/g olarak belirlendiği görülmüştür (Çizelge 4.49). Lüpen unu ilavesi ile ekmek spesifik hacminde görülen azalma, gluten miktarının seyrelmesi ve çözünmeyen lifler ile gluten arasında oluşan etkileşimle ilişkilendirilmektedir. Bu durum, hamur yapısının bozulmasına ve tutulan CO_2 gazı miktarının azalmasına neden olarak spesifik hacim oranının düşmesi ile sonuçlanabilmektedir (Fendri ve ark., 2016; Wandersleben ve ark., 2018).

Örneklerin spesifik hacim değeri DN oranı açısından karşılaştırıldığında; %0 ve 5 DN içeren ekmek örneklerinin aynı grupta yer aldığı, bununla birlikte %5 DN kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama spesifik hacim değerinin sayısal olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Ekmek üretiminde %10 DN kullanımı ise ortalama spesifik hacim değerinin düşmesine neden olmuştur (Çizelge 4.49). Bu düşüş, yüksek oranda (%10) DN kullanımı ile ekmek formülasyonundaki gluten proteininin seyrelmesi ve DN granüllerinin gluten ağının gelişimini engelleyici etkisi sebebiyle gerçekleşmiş olabilir (Arp ve ark., 2018b).

Ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Lüpen unu oranındaki artışın hem GALU hem de UALU ihtiva eden ekmeklerin spesifik hacim değerini düşürdüğü,

bunun yanında %20 oranında GALU ve UALU içeren ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.28. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu

Dervas ve ark. (1999), farklı oranlarda (%0, 5, 10 ve 15) lüpen unu ilave ederek ekmek üretmişlerdir. Ekmek örneklerine eklenen lüpen unu oranındaki artışın ekmeklerin spesifik hacmini azalttığını ifade etmişler ve bu durumu, lüpen unu ilavesiyle buğday gluteni yapısında oluşan seyrelme ile ilişkilendirmişlerdir.

Bartkiene ve ark. (2011); iki farklı lüpen türüne (*L. luteus* ve *L. angustifolius*) ait unları (%5) ayrı ayrı kullanarak ekmek üretmişler, üretilen ekmek örneklerinin lüpen unu içermeyen kontrol örneğinden daha düşük spesifik hacme sahip olduğunu raporlamışlardır.

Al Omari ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, düz ekmek üretiminde %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında çimlendirilmiş lüpen unu kullanılmıştır. Ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranındaki artışın, ekmek örneklerine ait spesifik hacim değerinin düşmesine neden olduğu belirlenmiştir.

Buğday ununun farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) DN ile ikame edilmesiyle ekmek üretilen bir çalışmada, %10 oranında DN ihtiva eden ekmek örneğinin spesifik hacminin kontrolden (%0 DN) daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Arp ve ark., 2018a).

Ekmek üretiminde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında DN kullanılan bir çalışmada; kontrol ekmek örneğinin spesifik hacmi 3.27 ml/g olarak belirlenmiş, %10 DN kullanımı ile ekmek örneğinin spesifik hacim değerinin 2.61 ml/g'a düştüğü bildirilmiştir (Sanz-Penella ve ark., 2010).

4.6.5. Tekstür analiz sonuçları

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 1. ve 3. günlerde ölçülen tekstür (sıkılık, sertlik, elastikiyet, koheziflik, çiğnenebilirlik ve esneklik) analiz sonuçları Çizelge 4.50 ve 4.53'te, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.51 ve 4.54'te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.52 ve 4.55'te verilmiştir.

Ekmek örneklerine ait 1. gün sıkılık değeri 238-1487 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.50). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün sıkılık değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"*, *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"*, *"lüpen unu oranı x DN oranı"* ve *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.51).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; ekmek örneklerine ait ortalama 1. gün sıkılık değerinin 643-816 g arasında değiştiği, UALU ile hazırlanan ekmeklerin ortalama 1. gün sıkılık değerinin, GALU içeren ekmeklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.52). Bu durumun UALU örneklerinin daha yüksek hacme sahip ekmek üretimine imkan vermesi ile bu ekmek örneklerinde gözenek yapısı gelişiminin daha iyi olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.49).

Ekmek örneklerine ilave edilen lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile örneklerin ortalama 1. gün sıkılık değeri 289 g'dan 1256 g'a yükselmiştir. %10 ve 15 oranlarında lüpen unu ile hazırlanan ekmeklerin ortalama 1. gün sıkılık değerleri ise sırasıyla 595 ve 779 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.52). Ekmek formülasyonuna lüpen unu ilavesi ile gluten miktarının seyrelmesi ve lüpen ununun yüksek oranda su absorbsiyonunu sağlayan lif içeriği, gluten ağı gelişimini olumsuz etkileyerek daha sıkı bir gözenek yapısı oluşumuna neden olmuş olabilir. Guemes-Vera ve ark. (2008), lüpen proteinin elastikiyetinin az olması ile lüpende bulunan diyet liflerinin yüksek su bağlama kapasitesinin, gluten matrisini zayıflattığını ve böylece ekmek tekstür ve kalitesini olumsuz etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.50. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait 1. gün tekstür analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
GALU[3]	0	0	294±8.49	529±8.77	0.928±0.07	0.728±0.07	358±6.63	0.358±0.07
		5	238±9.90	464±6.93	0.932±0.09	0.713±0.10	308±8.15	0.339±0.08
		10	321±7.07	575±9.33	0.927±0.06	0.699±0.09	373±8.37	0.334±0.06
	10	0	678±12.73	1073±12.30	0.820±0.09	0.612±0.08	538±6.04	0.247±0.07
		5	658±10.04	1043±10.61	0.819±0.05	0.602±0.06	514±6.17	0.245±0.05
		10	801±8.77	1158±11.31	0.816±0.08	0.576±0.07	544±8.52	0.226±0.10
	15	0	807±7.07	1279±7.64	0.784±0.07	0.584±0.09	586±6.64	0.241±0.07
		5	842±6.79	1310±13.58	0.780±0.10	0.576±0.08	589±8.71	0.233±0.09
		10	924±10.18	1356±9.62	0.772±0.08	0.559±0.10	585±7.81	0.230±0.09
	20	0	1295±14.14	1615±15.98	0.771±0.10	0.518±0.06	645±8.35	0.203±0.10
		5	1458±15.56	1872±14.99	0.770±0.09	0.513±0.08	739±11.26	0.184±0.08
		10	1487±12.73	2088±14.71	0.752±0.07	0.505±0.09	793±10.38	0.180±0.07
UALU[4]	0	0	302±5.66	521±10.75	0.930±0.10	0.731±0.06	354±9.35	0.353±0.11
		5	254±9.19	457±5.80	0.931±0.07	0.715±0.09	304±9.04	0.341±0.08
		10	328±8.63	582±12.45	0.927±0.08	0.703±0.07	379±7.61	0.336±0.10
	10	0	481±7.35	747±13.29	0.839±0.08	0.680±0.08	426±7.10	0.316±0.09
		5	450±10.04	725±11.17	0.838±0.09	0.644±0.07	391±9.25	0.282±0.08
		10	507±6.08	899±11.60	0.837±0.10	0.629±0.06	473±10.18	0.274±0.10
	15	0	624±8.14	949±10.18	0.813±0.09	0.636±0.09	491±9.62	0.274±0.07
		5	709±10.61	1098±10.89	0.805±0.07	0.595±0.08	526±9.45	0.257±0.08
		10	769±9.05	1126±12.45	0.801±0.09	0.582±0.07	525±9.16	0.249±0.07
	20	0	948±8.34	1394±11.31	0.781±0.08	0.582±0.06	634±9.71	0.234±0.10
		5	1127±9.90	1591±8.49	0.779±0.07	0.580±0.08	719±8.97	0.223±0.09
		10	1221±14.14	1763±7.78	0.775±0.08	0.573±0.07	783±8.06	0.215±0.07
Minimum-maksimum			238-1487	457-2088	0.752-0.932	0.505-0.731	304-793	0.180-0.358
Ortalama±std			730±375.46	1092±466.12	0.830±0.09	0.618±0.09	524±144.37	0.266±0.08

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.51. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 1. gün tekstür analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Sıkılık		Sertlik		Elastikiyet		Koheziflik		Çiğnenebilirlik		Esneklik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	361053.521	3707.074**	525008.333	4140.716**	0.003	0.413ns	0.018	2.894ns	26696.333	357.341**	0.009	1.344ns
Lüpen unu oranı (B)	3	1964308.687	20168.303**	3010008.250	23739.796**	0.059	8.558**	0.062	10.005**	288370.389	3859.949**	0.040	5.720**
DN oranı (C)	2	55929.562	574.250**	135619.646	1069.626**	0.000	0.036ns	0.004	0.604ns	13161.333	176.170**	0.002	0.311ns
AxB	3	57607.632	591.479**	57826.389	456.074**	0.000	0.059ns	0.002	0.375ns	6977.056	93.391**	0.001	0.202ns
AxC	2	289.646	2.974**	447.021	3.526*	0.000	0.004ns	0.000	0.034ns	547.583	7.330**	0.000	0.008ns
BxC	6	12131.146	124.555**	32298.229	254.735**	0.000	0.006ns	0.000	0.036ns	5967.722	79.880**	0.000	0.005ns
AxBxC	6	1675.340	17.201**	2570.993	20.277**	0.000	0.002ns	0.000	0.015ns	216.472	2.898*	0.000	0.014ns
Hata	24	97.396		126.792		0.007		0.006		74.708		0.007	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

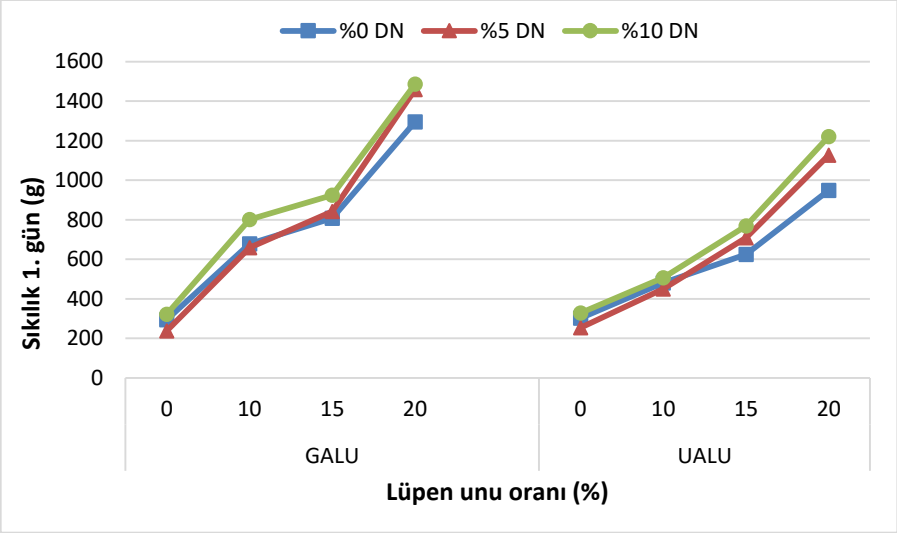
Çizelge 4.52. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 1. gün tekstür analiz değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Lüpen unu çeşidi							
GALU[2]	24	816±426.41^{a}	1196±511.68^{a}	0.823±0.07^{a}	0.599±0.08^{a}	547±146.55^{a}	0.252±0.06^{a}
UALU[3]	24	643±320.62^{b}	987±465.00^{b}	0.838±0.06^{a}	0.638±0.06^{a}	500±147.50^{b}	0.280±0.05^{a}
Lüpen unu oranı (%)							
0	12	289±36.23^{d}	521±53.00^{d}	0.929±0.00^{a}	0.714±0.01^{a}	346±32.18^{d}	0.344±0.01^{a}
10	12	595±137.88^{c}	940±179.43^{c}	0.828±0.01^{b}	0.624±0.04^{b}	481±62.50^{c}	0.265±0.03^{b}
15	12	779±104.59^{b}	1186±155.20^{b}	0.792±0.02^{b}	0.588±0.03^{bc}	550±41.75^{b}	0.247±0.02^{b}
20	12	1256±204.16^{a}	1720±242.62^{a}	0.771±0.01^{b}	0.545±0.04^{c}	718±67.43^{a}	0.206±0.02^{b}
DN[4] oranı (%)							
0	16	678±338.22^{c}	1013±402.33^{c}	0.833±0.06^{a}	0.634±0.08^{a}	504±116.29^{c}	0.278±0.06^{a}
5	16	717±422.82^{b}	1070±512.11^{b}	0.832±0.07^{a}	0.617±0.07^{a}	511±168.95^{b}	0.263±0.06^{a}
10	16	794±414.63^{a}	1193±534.51^{a}	0.826±0.07^{a}	0.603±0.07^{a}	557±160.93^{a}	0.255±0.06^{a}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Sonuçlar DN oranı açısından değerlendirildiğinde, ekmek formülasyonuna ilave edilen DN miktarındaki artışın ekmeklerin ortalama 1. gün sıkılık değerinin de artmasına sebep olduğu görülmüştür. %0, 5 ve 10 DN içeren ekmeklerin ortalama 1. gün sıkılık değeri sırasıyla 678, 717 ve 794 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.52). Bu durum, diyet lifi açısından zengin bir bileşene sahip olan DN'nin (Çizelge 4.14), hamurun su absorbsiyon kapasitesini artırarak ve glutenle etkileşime girerek gaz tutma kapasitesini azaltması ile ilişkilendirilmektedir.

Ekmek örneklerinin 1. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.29'da gösterilmiştir. Her iki lüpen unu çeşidinin (GALU ve UALU) kullanıldığı ekmeklerde de, artan lüpen unu oranlarıyla birlikte 1. gün sıkılık değerinin arttığı görülmektedir. En yüksek değerler, tahmin edildiği gibi lüpen unu ve DN'nin en yüksek oranlarında elde edilmiştir.



Şekil 4.29. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 1. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Yapılan bir çalışmada farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) lüpen, soya ve fasulye unları kullanılarak ekmek üretilmiş ve artan baklagil unu oranlarıyla birlikte ekmek örneklerinin sıkılık değerinin de arttığı ifade edilmiştir. Bu durumun pişirme işlemi sonrasında yağlar, proteinler ve lifler arasındaki etkileşimle ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Liu ve ark., 2018).

Öztürk ve ark. (2009); ekmek üretiminde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında DN kullanmışlar, ekmek formülasyonuna eklenen DN oranının %0'dan %10'a yükselmesi ile örneklerin 1. gün sıkılık değerinin 0.80 N'dan 0.98 N'a yükseldiğini raporlamışlardır.

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ihtiva eden ekmek örneklerine ait 1. gün sertlik değeri ortalama 1092 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.50). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"*, *"lüpen unu oranı x DN oranı"* ve *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"* interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.51).

Lüpen unu çeşidi açısından yapılan değerlendirmede, UALU ile hazırlanan ekmeklerin ortalama 1. gün sertlik değerinin (987 g) GALU ile üretilen ekmeklerden (1196 g) daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.52). Güdük (2016), ekmek örneklerinin hacmindeki artışın sertlik değeri üzerinde olumlu etki gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen verilerin de, bu sonucu desteklediği görülmektedir (Çizelge 4.49 ve 4.52).

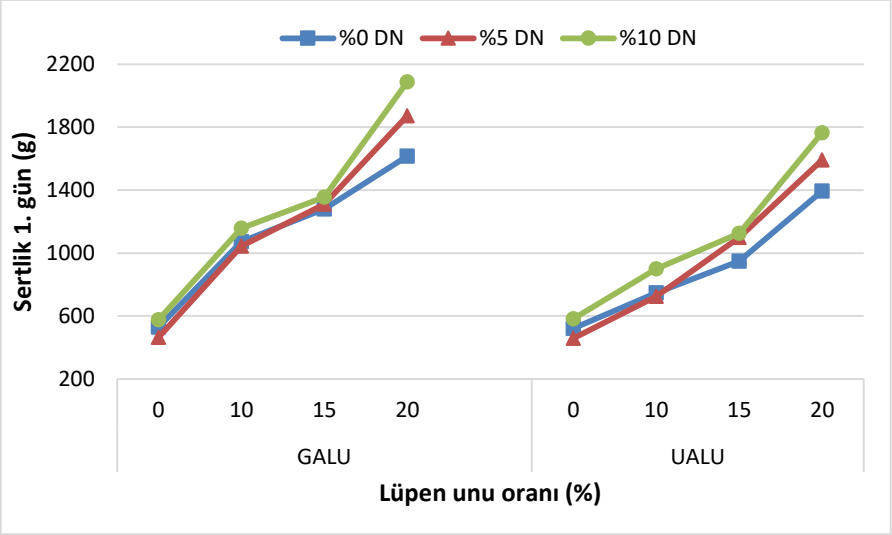
Ekmek örneklerine ait ortalama 1. gün sertlik değeri lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek formülasyonunda kullanılan lüpen unu oranının artmasının ekmek örneklerinin ortalama 1. gün sertlik değerinin de artmasına neden olduğu gözlenmiştir. Lüpen unu içermeyen ekmek örneklerinin ortalama 1. gün sertlik değeri 521 g olarak belirlenirken; %10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu ihtiva eden ekmeklerin ortalama 1. gün sertlik değerleri sırasıyla 940, 1186 ve 1720 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.52).

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada, DN içermeyen ekmek örneklerinde 1013 g olarak belirlenen ortalama 1. gün sertlik değeri; %5 DN içeren ekmeklerde 1070 g, %10 DN içeren ekmeklerde ise 1193 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.52).

Gomez ve ark. (2003) diyet lifi ilavesinin, gluten proteini ve lifler arasındaki etkileşimden dolayı ekmek kalitesini etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca, Brennan ve Kuri (2006); ekmek örneklerinin sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özelliklerinin nişastanın jelatinizasyon derecesi ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada ekmek formülasyonuna ilave edilen diyet lifçe zengin lüpen unu ve DN'nin (Çizelge 4.14), nişasta ve gluten proteinleri arasındaki etkileşimi bozarak, ekmeklerin daha sert ve daha az esnek olmasına neden olduğu düşünülmektedir (Liu ve ark., 2017). Bununla birlikte, bazı araştırmacılar ekmek hacmi ile ekmek içi sertliği arasında negatif bir ilişki bulunduğunu belirlemişlerdir. Hacmi düşük olan ekmeklerin daha yoğun ve sıkı bir yapıya sahip olmasının, ekmek içi sertliğinin artmasına neden olabileceği ifade edilmiştir

(Sabanis ve ark., 2009; Minarro ve ark., 2012). Bu çalışmada elde edilen verilerin, belirtilen sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür (Çizelge 4.52).

Ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.30'da verilmiştir. GALU kullanılarak üretilen ekmeklerin, tüm DN ilave oranlarında 1. gün sertlik değerinin, UALU içeren ekmeklerden daha yüksek olduğu görülmektedir. En yüksek 1. gün sertlik değerinin %20 GALU + %10 DN içeren ekmek örneğinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.30. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Elastikiyet değeri; tekstür analizi esnasında ekmek örneğine uygulanan deforme edici kuvvetin kaldırılmasından sonra, örneğin eski haline dönme hızı olarak belirtilmektedir (De La Hera ve ark., 2014). Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri 0.752-0.932 arasında değişmiştir (Çizelge 4.50). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri üzerinde lüpen unu oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.51).

Ekmek üretiminde kullanılan lüpen ununun çeşidi, ortalama 1. gün elastikiyet değeri üzerinde anlamlı bir fark oluşturmamış, GALU ve UALU ile hazırlanan ekmeklerin ortalama 1. gün elastikiyet değeri sırasıyla 0.823 ve 0.838 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.52).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde; ekmeklerin ortalama 1. gün elastikiyet değerinin lüpen unu ilavesi ile azaldığı; %10, 15 ve 20 lüpen unu ilave

oranları kendi aralarında karşılaştırıldığında elastikiyet değerlerinin aynı grupta yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 4.52). Elastikiyet değerinde meydana gelen azalmanın, lüpen unu ilave edilmiş ekmeklerdeki düşük gluten miktarından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Codina ve ark., 2016).

Ekmek üretiminde %0, 5 ya da 10 oranında DN kullanımının ortalama 1. gün elastikiyet değeri üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı görülmüştür. Ekmek örneklerinin ortalama 1. gün elastikiyet değeri farklı oranlarda DN ilavesine bağlı olarak 0.826-0.833 arasında değişmiştir (Çizelge 4.52).

Koheziflik, katı bir gıdanın ısırıldığında kopmadan önceki deformasyon miktarı olarak belirtilmektedir (Gerçekaslan ve ark., 2007). Ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değeri 0.505-0.731 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.50). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı faktörünün ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.51).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, ortalama 1. gün koheziflik değeri GALU içeren ekmeklerde 0.599, UALU içeren ekmeklerde ise 0.638 olarak belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidinin 1. gün koheziflik değeri üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.52).

Ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değeri lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde, örneklerin ortalama 1. gün koheziflik değerinin 0.545-0.714 arasında değiştiği bulunmuştur. Lüpen unu (%10, 15 ve 20) içeren örneklerin ortalama 1. gün koheziflik değerinin, lüpen unu kullanılmadan üretilen ekmeklere göre daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.52).

%0, 5 ve 10 DN kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama 1. gün koheziflik değeri sırasıyla 0.634, 0.617 ve 0.603 olarak belirlenmiştir. DN oranı, ekmeklerin 1. gün koheziflik değerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmamış ve bütün örnekler aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.52).

Çiğnenebilirlik değeri, katı bir gıdanın yutulabilecek hale gelene kadar parçalanması için gereken enerji olarak ifade edilmekte; sertlik, koheziflik ve elastikiyet parametrelerinden etkilenmektedir (De La Hera ve ark., 2014). Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ihtiva eden ekmek örneklerine ait ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri 524 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmeklerin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"*, *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"* ve *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu*

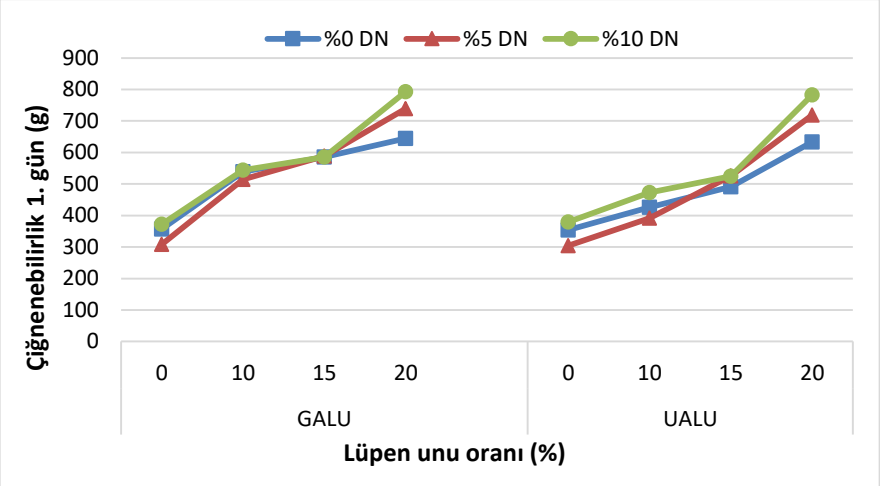
oranı x DN oranı" interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.51).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, ekmek örneklerinin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değerinin 500-547 g arasında değiştiği ve UALU ile hazırlanan ekmeklerin GALU içeren ekmeklere göre daha düşük ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değerine sahip olduğu görülmüştür. UALU ihtiva eden örneklerin 1. gün sertlik değerinin de GALU içeren örneklere göre daha düşük olması, bu sonuçlara yansımış olabilir (Çizelge 4.52).

Ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranındaki artışla birlikte, ekmeklerin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri de artmıştır. Ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri lüpen unu içermeyen ekmeklerde 346 g, %20 oranında lüpen unu içeren ekmeklerde ise 718 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.52). Lüpen unu ilavesi ile gluten miktarının azalması ve gluten ağının zayıflaması, ekmek örneklerine ait tekstürel özelliklerin etkilenmesine ve çiğnenebilirlik değerinin artmasına neden olmuş olabilir (Coda ve ark., 2017).

Sonuçlar DN oranı açısından incelendiğinde, ekmek formülasyonuna ilave edilen DN'nin %0'dan %10'a yükselmesi ile örneklerin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değerinin de 504 g'dan 557 g'a yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.52). DN ilavesi ile ekmek hamurunda zayıf gluten ağı oluşumu sonucu gaz oluşturma ve tutma kapasitelerinin azalması, hamurdaki fazla suyun pişme esnasında hacim artışını önlemesi ve gözenek yapısının tam gelişememesi ekmek içi sertliğini artırmış ve bu da çiğnenebilirliğin artmasına neden olmuş olabilir (Pomeranz ve ark., 1977; Rogers ve Hoseney, 1982).

Şekil 4.31'de ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu gösterilmiştir. Ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranının artması, hem GALU hem de UALU kullanılan ekmeklerde 1. gün çiğnenebilirlik değerini artırmıştır. En düşük 1. gün çiğnenebilirlik değerinin "%0 lüpen unu + %5 DN" içeren ekmek örneklerinde olduğu görülmüştür.



Şekil 4.31. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Esneklik değeri, ekmeğe uygulanan kuvvetin ortadan kalkmasından sonra ürünün eski haline dönebilmesi için harcadığı enerji olarak ifade edilmekte ve ürünün tazeliği hakkında fikir vermektedir (Baumgartner, 2018). Ekmek örneklerinin 1. gün esneklik değeri 0.180 ve 0.358 arasında değişmiş, ortalama 1. gün esneklik değeri 0.266 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı faktörünün ekmeklerin 1. gün esneklik değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.51).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidinin ekmeklerin ortalama 1. gün esneklik değeri üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmadığı bulunmuştur. GALU ve UALU ile hazırlanan ekmeklerin ortalama 1. gün esneklik değeri sırasıyla 0.252 ve 0.280 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.52).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde; ekmek üretiminde lüpen unu kullanımının, lüpen unu içermeyen ekmeklerin ortalama 1. gün esneklik değerini düşürdüğü görülmüştür. Üç lüpen unu kullanım oranının (%10, 15 ve 20) da ekmeklerin ortalama 1. gün esneklik değerinin aynı grupta olmasını sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 4.52).

Ekmeklerin bileşiminde yer alan DN, örneklerin ortalama 1. gün esneklik değeri üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir. %0, 5 ve 10 DN ilave edilerek üretilen ekmeklerin ortalama 1. gün esneklik değeri sırasıyla 0.278, 0.263 ve 0.255 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.52).

Çizelge 4.53. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait 3. gün tekstür analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
GALU[3]	0	0	426±12.73	791±15.27	0.923±0.07	0.623±0.10	455±7.57	0.263±0.07
		5	347±12.16	593±11.88	0.925±0.09	0.511±0.06	280±8.91	0.212±0.10
		10	462±8.77	723±11.60	0.922±0.09	0.461±0.07	307±8.35	0.194±0.08
	10	0	971±12.02	1396±17.68	0.817±0.07	0.500±0.08	570±10.37	0.171±0.07
		5	1004±14.00	1365±14.28	0.815±0.11	0.487±0.09	542±9.09	0.149±0.07
		10	1106±10.61	1453±12.02	0.813±0.07	0.450±0.07	532±11.06	0.150±0.08
	15	0	1116±10.47	1780±17.82	0.778±0.09	0.544±0.08	753±10.11	0.188±0.10
		5	1181±14.14	1854±12.02	0.775±0.10	0.472±0.08	678±9.47	0.173±0.07
		10	12.74±13.58	2012±12.59	0.768±0.09	0.429±0.09	663±10.75	0.145±0.09
	20	0	1745±15.98	1954±14.42	0.765±0.08	0.481±0.10	719±6.79	0.164±0.08
		5	1766±13.72	2143±17.39	0.758±0.06	0.463±0.08	752±9.20	0.162±0.09
		10	1790±11.88	2445±18.81	0.746±0.08	0.458±0.06	835±7.81	0.163±0.07
UALU[4]	0	0	437±10.18	782±11.88	0.921±0.10	0.625±0.07	450±10.55	0.263±0.08
		5	355±8.77	585±11.17	0.924±0.07	0.510±0.08	276±7.60	0.224±0.09
		10	470±8.91	725±13.44	0.917±0.09	0.464±0.08	308±9.87	0.182±0.08
	10	0	764±7.09	1230±14.42	0.835±0.07	0.460±0.06	472±10.12	0.243±0.07
		5	729±9.62	1240±12.02	0.833±0.08	0.440±0.07	454±9.50	0.234±0.09
		10	822±10.04	1304±10.18	0.833±0.09	0.439±0.08	477±9.41	0.190±0.08
	15	0	1046±13.15	1394±12.45	0.808±0.10	0.467±0.09	526±5.40	0.169±0.09
		5	1095±10.18	1404±13.01	0.801±0.07	0.454±0.06	511±10.93	0.163±0.08
		10	1125±14.14	1529±11.88	0.798±0.09	0.445±0.08	543±8.96	0.157±0.11
	20	0	1412±10.75	1745±7.92	0.775±0.08	0.499±0.10	675±9.14	0.204±0.09
		5	1496±15.56	1906±10.61	0.775±0.09	0.490±0.08	724±9.05	0.201±0.07
		10	1612±11.74	2095±14.71	0.773±0.07	0.484±0.07	784±9.47	0.194±0.10
Minimum-maksimum			347-1790	585-2445	0.746-0.925	0.429-0.625	276-835	0.145-0.263
Ortalama±std			1023±457.80	1435±528.87	0.825±0.09	0.486±0.08	554±163.77	0.190±0.07

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.54. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 3. gün tekstür analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Sıkılık		Sertlik		Elastikiyet		Koheziflik		Çiğnenebilirlik		Esneklik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	277704.187	1973.324**	550408.333	3043.032**	0.003	0.411ns	0.001	0.135ns	65564.083	758.332**	0.007	0.986ns
Lüpen unu oranı (B)	3	3095367.910	21995.212**	3914221.639	21640.479**	0.057	8.000**	0.012	1.915ns	345902.056	4000.795**	0.007	0.977ns
DN oranı (C)	2	42910.396	304.915**	121024.646	669.107**	0.000	0.025ns	0.021	3.293ns	10302.521	119.162**	0.005	0.734ns
AxB	3	50902.743	361.707**	101880.667	563.266**	0.001	0.072ns	0.002	0.319ns	15730.472	181.943**	0.003	0.472ns
AxC	2	40.687	0.289ns	3002.146	16.598**	0.000	0.002ns	0.001	0.168ns	1395.896	16.145**	0.000	0.027ns
BxC	6	4241.618	30.140**	47311.701	261.571**	0.000	0.003ns	0.004	0.686ns	13522.910	156.410**	0.001	0.121ns
AxBxC	6	3189.910	22.667**	1836.312	10.152**	0.000	0.003ns	0.001	0.079ns	710.951	8.223**	0.000	0.036ns
Hata	24	140.729		180.875		0.007		0.006		86.458		0.007	

[1] * p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.55. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 3. gün tekstür analiz değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Lüpen unu çeşidi							
GALU[2]	24	1099±506.95^{a}	1542±596.75^{a}	0.817±0.07^{a}	0.490±0.05^{a}	590±176.62^{a}	0.178±0.03^{a}
UALU[3]	24	946±421.88^{b}	1328±465.00^{b}	0.833±0.06^{a}	0.481±0.07^{a}	516±151.77^{b}	0.202±0.03^{a}
Lüpen unu oranı (%)							
0	12	416±53.02^{d}	699±90.37^{d}	0.922±0.00^{a}	0.532±0.07^{a}	346±83.50^{d}	0.223±0.03^{a}
10	12	899±149.65^{c}	1331±88.85^{c}	0.824±0.01^{b}	0.463±0.03^{a}	508±46.20^{c}	0.189±0.04^{a}
15	12	1139±79.12^{b}	1662±256.66^{b}	0.788±0.02^{b}	0.468±0.04^{a}	612±99.33^{b}	0.166±0.01^{a}
20	12	1636±156.74^{a}	2048±240.69^{a}	0.765±0.01^{b}	0.479±0.02^{a}	748±56.06^{a}	0.181±0.02^{a}
DN[4] oranı (%)							
0	16	989±453.91^{b}	1384±439.16^{b}	0.827±0.06^{a}	0.525±0.07^{a}	577±122.70^{a}	0.208±0.04^{a}
5	16	996±505.73^{b}	1386±580.03^{b}	0.825±0.07^{a}	0.478±0.03^{ab}	527±185.95^{c}	0.189±0.03^{a}
10	16	1082±485.21^{a}	1535±626.19^{a}	0.821±0.07^{a}	0.454±0.02^{b}	556±196.95^{b}	0.172±0.02^{a}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Formülasyonunda farklı oranlarda lüpen unu ve DN yer alan ekmeklerin 3. gün sıkılık değeri 347-1790 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"*, *"lüpen unu oranı x DN oranı"* ve *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.54).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde; UALU ile üretilen ekmeklerin ortalama 3. gün sıkılık değerinin (946 g), GALU kullanılarak üretilen ekmeklere (1099 g) göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.55).

Ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranındaki artış, ekmeklerin ortalama 3. gün sıkılık değerinin de artmasına neden olmuştur. %0, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu kullanılan ekmeklerin ortalama 3. gün sıkılık değerleri sırasıyla 416, 899, 1139 ve 1636 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

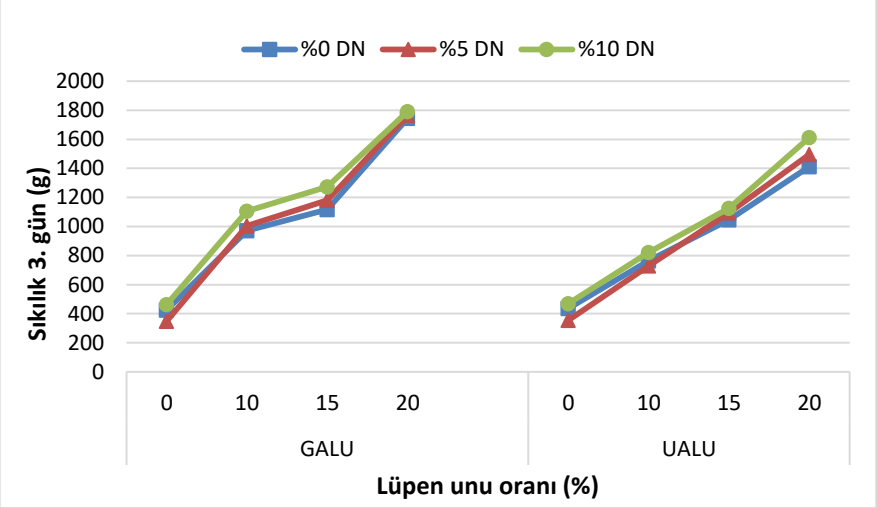
Sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek üretiminde %5 oranında DN kullanımının DN içermeyen örneklere yakın ortalama 3. gün sıkılık değeri sağladığı görülmüştür. %0 ve 5 DN içeren ekmeklerde sırasıyla 989 ve 996 g olan ortalama 3. gün sıkılık değeri, %10 DN kullanımı ile 1082 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.55).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.32'de verilmiştir. Lüpen unu (GALU ve UALU) oranındaki artış ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değerini de artırmıştır. %10 DN ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin, diğer DN kullanım oranlarına (%0 ve 5) göre daha yüksek 3. gün sıkılık değerine neden olduğu görülmüştür.

Ekmeğin bayatlaması, esas olarak depolama süresince ekmek içinden kabuğa su transferi ve nişastanın yeniden kristalleşmesi sebebiyle meydana gelmektedir (Martin ve ark., 1991). Ekmek içi sıkılığı, şişmiş granül içerisindeki nişastanın dallanmış amilopektin moleküllerinin fiziksel yönelimindeki değişikliklere atfedilmektedir. Bu zincirler, çeşitli molekül içi bağlarla hizalanarak yavaş yavaş kümelenir. Bu durum, ekmek içi sertliğinin artmasına sebep olan şişmiş nişasta granüllerinin iç yapısının sertleşmesiyle sonuçlanmaktadır (Cauvain ve Young, 1998).

Genel olarak sertlik değerinin yükselmesi, ekmeğin bayatlaması ile ilişkilendirilmekte ve sertlik artışından sorumlu olan esas etkenin nişastanın retrogradasyonu olduğu belirtilmektedir (Elgün ve Ertugay, 2002). Ekmek örneklerinin

ortalama 3. gün sertlik değeri 1435 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"*, *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"*, *"lüpen unu oranı x DN oranı"* ve *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.54).



Şekil 4.32. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

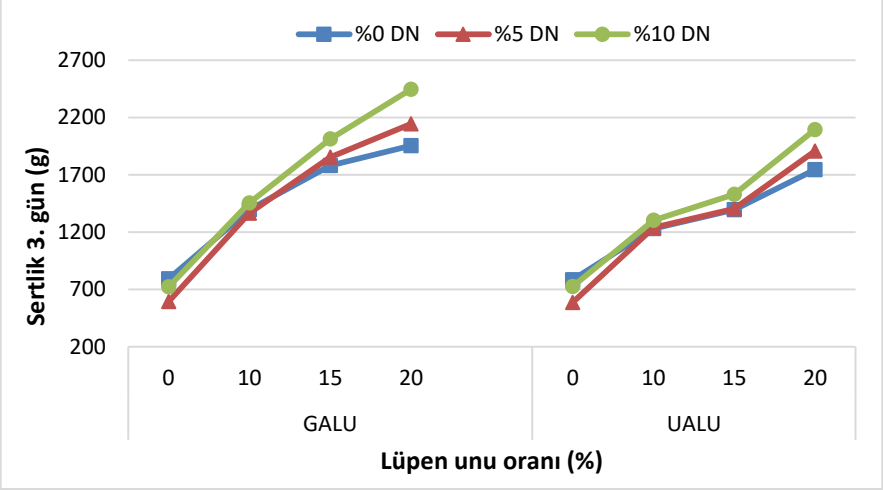
Ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri lüpen unu çeşidi açısından incelendiğinde; formülasyonunda UALU yer alan ekmeklerin ortalama 3. gün sertlik değerinin (1328 g), GALU içeren ekmeklere (1542 g) göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

Ekmek örneklerinin üretiminde kullanılan lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi, örneklerin ortalama 3. gün sertlik değerinin de doğrusal bir şekilde artmasına neden olmuştur. %0, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu kullanımı, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün sertlik değerinin sırasıyla 699, 1331, 1662 ve 2048 g olması ile sonuçlanmıştır (Çizelge 4.55).

Elde edilen sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, %0 ve 5 DN içeren örneklerin ortalama 3. gün sertlik değerinin aynı grupta yer aldığı, %5'in üzerinde DN kullanımının ise ekmeklerin ortalama 3. gün sertlik değerini artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

Ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.33'te gösterilmiştir. En yüksek lüpen unu

kullanım oranı (%20), diğer örneklere göre daha yüksek 3. gün sertlik değeri ile sonuçlanmıştır. Hem GALU hem de UALU ilavesiyle hazırlanan ekmeklerde, %0 ve 5 DN içeren örneklerin 3. gün sertlik değerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.33. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri 0.746-0.925 arasında değişmiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı faktörü ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.54).

Ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri üzerine lüpen unu çeşidinin etkisi incelendiğinde, örneklerin ortalama 3. gün elastikiyet değerinin 0.817 ve 0.833 arasında değiştiği, ancak örnekler arasında istatistiki açıdan bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından incelendiğinde, lüpen unu içermeyen ekmek örneklerine %10 oranında lüpen unu ilavesinin ortalama 3. gün elastikiyet değerini 0.922'den 0.824'e düşürdüğü görülmüştür. %15 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren ekmeklerin ortalama 3. gün elastikiyet değeri ise sırasıyla 0.788 ve 0.765 olarak bulunmuş ve %10 lüpen unu içeren örneklerle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

DN oranı yönünden yapılan karşılaştırmada, örneklerin ortalama 3. gün elastikiyet değerinin 0.821 ve 0.827 arasında değiştiği, DN oranının ekmeklerin ortalama 3. gün elastikiyet değeri üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı ortaya konmuştur (Çizelge 4.55).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin ortalama 3. gün koheziflik değeri 0.486 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin ekmek örneklerinin 3. gün koheziflik değeri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.54).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU içeren örneklerin ortalama 3. gün koheziflik değerinin (0.490), UALU içeren ekmeklerin ortalama 3. gün koheziflik değerine (0.481) oldukça yakın olduğu ve aynı grupta yer aldıkları görülmüştür (Çizelge 4.55).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı yönünden karşılaştırıldığında, örneklerin ortalama 3. gün koheziflik değerinin 0.463 ve 0.532 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranının 3. gün koheziflik değeri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir değişiklik oluşturmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.55).

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada; %5 DN içeren ekmeklerin ortalama 3. gün koheziflik değerinin (0.478), DN içermeyen örneklerin aynı değerine (0.525) yakın olduğu bulunmuştur. %10 oranında DN kullanımı ise, ortalama 3. gün koheziflik değerinin DN içermeyen örneklere göre daha düşük olmasına neden olmuştur (Çizelge 4.55).

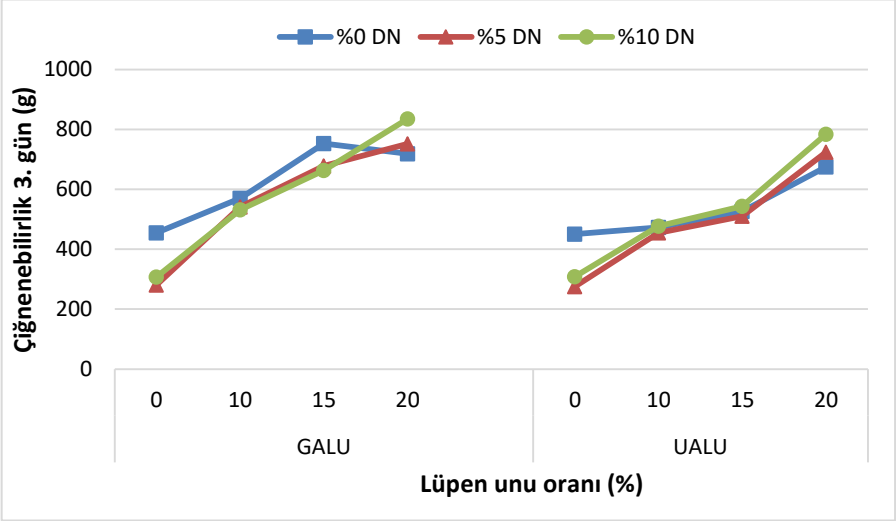
Ekmek örneklerinin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değeri 554 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmeklerin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"*, *"lüpen unu çeşidi x DN oranı"*, *"lüpen unu oranı x DN oranı"* ve *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.54).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değerinin (516 g), GALU içeren ekmeklere (590 g) göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.55).

Ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranının artması ile birlikte, örneklerin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değerinin de artış gösterdiği belirlenmiştir. Lüpen unu içermeyen ekmeklerde 346 g olan ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değeri, %10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren örneklerde sırasıyla 508, 612 ve 748 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.55).

Sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, örneklerin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değerinin 527-577 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük değer %5 DN içeren ekmek örneklerinde bulunurken, bunu sırasıyla %10 ve %0 DN içeren ekmek örnekleri takip etmiştir (Çizelge 4.55).

Ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.34'te verilmiştir. Her iki lüpen unu çeşidinin kullanıldığı ekmek örneklerinde de, en yüksek 3. gün çiğnenebilirlik değeri "%20 lüpen unu + %10 DN" formülasyonu ile hazırlanan ekmeklerde görülürken, en düşük 3. gün çiğnenebilirlik değeri "%0 lüpen unu + %5 DN" içeren ekmeklerde bulunmuştur.



Şekil 4.34. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri 0.145 ve 0.263 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.54).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU ile üretilen ekmeklerin ortalama 3. gün esneklik değeri 0.178 olarak, UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin aynı değeri ise 0.202 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.55).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı yönünden karşılaştırıldığında, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün esneklik değerinin 0.166-0.223 arasında değiştiği ve lüpen

unu oranının ortalama 3. gün esneklik değeri üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.55).

Sonuçlar DN oranı açısından değerlendirildiğinde; %0, 5 ve 10 oranlarında DN içeren ekmeklerin ortalama 3. gün esneklik değerinin sırasıyla 0.208, 0.189 ve 0.172 olduğu belirlenmiştir. DN oranı, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün esneklik değeri üzerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmamıştır (Çizelge 4.55).

Ekmek örneklerine ait 1. ve 3. gün ölçülen tekstür analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; 1. gün ölçülen koheziflik ve esneklik değerleri üzerinde önemli ($p<0.01$) bulunan lüpen unu oranı faktörünün, 3. gün yapılan ölçümlerde önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir. Ekmek örneklerinin 1. gün ölçülen ortalama sertlik, sıkılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin 3. gün yapılan ölçümlerde sırasıyla 730 g'dan 1023 g'a, 1092 g'dan 1435 g'a ve 524 g'dan 554 g'a yükseldiği görülürken; ortalama 1. gün elastikiyet, koheziflik ve esneklik değerleri 3. günde sırasıyla 0.830'dan 0.825'e, 0.618'den 0.486'ya ve 0.266'dan 0.190'a düşmüştür. Tekstür değerlerinde elde edilen bu değişiklikler, depolama süresince meydana gelen bayatlama olayının esas etkeni olan nişasta retrogradasyonunun sonucu olarak beklenen bir durumdur.

Correia ve ark. (2015); ekmek üretiminde %10 oranında lüpen unu kullanımının, %100 buğday unu ekmeği ile karşılaştırıldığında, ekmek örneklerinin 0. ve 5. günlerde ölçülen sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin artmasına, koheziflik ve elastikiyet değerlerinin ise azalmasına neden olduğunu belirlemişlerdir.

Tortilla üretiminde %0, 2.5, 5.0 ve 7.5 oranlarında lüpen unu kullanılan bir çalışmada, lüpen unu oranının %0'dan %7.5'e yükselmesi ile tortilla örneklerinin sertlik değerinin arttığı, koheziflik değerinin ise azaldığı sonucuna ulaşılmıştır (Hernandez-Chavez ve ark., 2019).

Villarino ve ark. (2015), ekmek üretiminde %20 oranında lüpen unu kullanımının, buğday unu ekmeğine göre sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin artmasına, elastikiyet değerinin ise azalmasına neden olduğunu belirlemişlerdir.

Altuna ve ark. (2015); ekmek üretiminde %12.5 oranında DN kullanmışlar, DN içermeyen ekmek örneğiyle karşılaştırıldığında DN kullanılarak üretilen ekmeklerin daha yüksek sertlik değerine sahip olduğunu, ancak DN ilavesinin ekmek örneklerinin esneklik, koheziflik ve elastikiyet değerlerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir değişikliğe sebep olmadığını bildirmişlerdir. Esneklik ve koheziflik parametreleri açısından benzer sonuçlar Shyu ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada da elde

edilmiş, ayrıca %10 oranında DN ilavesinin ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerini kontrole göre artırdığı belirlenmiştir.

Sanz-Penella ve ark. (2010) farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) DN kullanarak ekmek üretmişler, %10 DN kullanım oranının ekmek örneklerinin sertlik ve çiğnenebilirlik değerini kontrole göre artırdığını bulmuşlar; elastikiyet, koheziflik ve esneklik değerlerinin ise %10 oranında DN ilavesinden önemli ($p>0.05$) düzeyde etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Değişen oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) DN kullanılarak kek üretilen bir çalışmada; %10 DN ilave edilerek üretilen kek örneklerinin koheziflik ve çiğnenebilirlik değerlerinin, DN içermeyen kek örneğine göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Majzoobi ve ark., 2014).

4.6.6. Kimyasal analiz sonuçları

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak elde edilen ekmek örneklerine ait kimyasal analiz (kül, yağ, protein, toplam diyet lifi, DN, fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks) sonuçları Çizelge 4.56 ve 4.59'da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.57 ve 4.60'ta, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.58 ve 4.61'de verilmiştir.

4.6.6.1. Kül

Ekmek örneklerine ait kül miktarı %1.79-2.13 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ekmek örneklerinin kül miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.57).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU ve UALU ile üretilen ekmeklerin birbirlerine oldukça yakın ortalama kül değerine sahip olduğu ve aralarında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.58).

Çizelge 4.56. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Toplam diyet lifi (%)	DN (%)
GALU[3]	0	0	1.80±0.04	0.60±0.16	12.69±0.21	3.12±0.11	1.14±0.11
		5	1.88±0.06	0.56±0.20	12.13±0.24	7.78±0.34	4.95±0.14
		10	1.99±0.07	0.51±0.15	11.56±0.20	10.39±0.79	10.32±0.41
	10	0	1.88±0.07	1.66±0.24	15.53±0.17	8.12±0.51	1.01±0.16
		5	1.97±0.08	1.61±0.16	15.00±0.20	12.27±0.58	5.34±0.25
		10	2.04±0.06	1.57±0.18	14.25±0.18	16.35±0.74	9.91±0.52
	15	0	1.91±0.06	2.13±0.17	17.00±0.21	9.63±0.65	1.05±0.14
		5	1.98±0.07	2.12±0.20	16.28±0.10	13.41±0.57	4.93±0.17
		10	2.10±0.06	2.07±0.16	15.81±0.18	18.34±0.49	9.47±0.57
	20	0	1.96±0.04	2.62±0.13	18.28±0.16	13.54±0.61	1.12±0.14
		5	2.03±0.06	2.60±0.14	17.77±0.18	17.21±0.52	5.61±0.23
		10	2.13±0.07	2.57±0.18	17.20±0.13	22.27±0.72	9.39±0.71
UALU[4]	0	0	1.79±0.08	0.62±0.21	12.58±0.17	3.24±0.45	1.21±0.13
		5	1.89±0.08	0.57±0.11	12.02±0.23	7.65±0.74	5.19±0.28
		10	1.97±0.04	0.53±0.13	11.48±0.18	10.57±0.64	9.87±0.69
	10	0	1.87±0.06	1.72±0.17	15.72±0.10	7.94±0.78	0.97±0.17
		5	1.95±0.07	1.69±0.14	15.08±0.10	11.94±0.68	5.06±0.24
		10	2.03±0.08	1.67±0.16	14.52±0.13	16.73±0.75	9.43±0.61
	15	0	1.92±0.06	2.23±0.11	17.23±0.08	9.45±0.54	1.12±0.13
		5	1.98±0.04	2.20±0.18	16.66±0.17	14.22±0.57	5.28±0.25
		10	2.06±0.08	2.18±0.10	15.94±0.18	18.03±0.47	9.68±0.71
	20	0	1.95±0.06	2.75±0.12	18.44±0.13	14.06±0.59	1.03±0.13
		5	2.04±0.04	2.72±0.16	17.89±0.21	16.65±0.58	5.17±0.30
		10	2.10±0.06	2.68±0.14	17.34±0.07	22.59±0.42	9.54±0.58
Minimum-maksimum			1.79-2.13	0.51-2.75	11.48-18.44	3.12-22.59	0.97-10.32
Ortalama±std			1.97±0.10	1.76±0.79	15.35±2.22	12.73±5.18	5.32±3.57

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.57. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Kül		Yağ		Protein		Toplam diyet lifi		DN[2]	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.001	0.291ns	0.073	2.803ns	0.163	5.663*	0.034	0.096ns	0.040	0.268ns
Lüpen unu oranı (B)	3	0.047	11.457**	9.590	368.924**	72.875	2526.724**	231.272	651.686**	0.086	0.577ns
DN oranı (C)	2	0.112	27.279**	0.019	0.715ns	5.487	190.262**	273.747	771.372**	297.431	2006.167**
AxB	3	0.000	0.005ns	0.006	0.234ns	0.068	2.372ns	0.014	0.039ns	0.120	0.811ns
AxC	2	0.001	0.170ns	0.000	0.005ns	0.000	0.000ns	0.039	0.109ns	0.023	0.154ns
BxC	6	0.000	0.065ns	0.000	0.010ns	0.007	0.252ns	1.380	3.887**	0.162	1.090ns
AxBxC	6	0.000	0.054ns	0.000	0.008ns	0.009	0.296ns	0.278	0.783ns	0.088	0.590ns
Hata	24	0.004		0.026		0.029		0.355		0.148	

[1] * p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.58. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Toplam diyet lifi (%)	DN[2] (%)
Lüpen unu çeşidi						
GALU[3]	24	1.97±0.10^{a}	1.72±0.79^{a}	15.29±2.23^{b}	12.70±5.31^{a}	5.35±3.72^{a}
UALU[4]	24	1.96±0.09^{a}	1.79±0.83^{a}	15.41±2.34^{a}	12.76±5.36^{a}	5.29±3.65^{a}
Lüpen unu oranı (%)						
0	12	1.89±0.08^{c}	0.56±0.04^{d}	12.07±0.50^{d}	7.12±3.30^{d}	5.45±4.00^{a}
10	12	1.96±0.07^{b}	1.65±0.05^{c}	15.02±0.57^{c}	12.22±3.81^{c}	5.29±3.89^{a}
15	12	1.99±0.08^{ab}	2.15±0.06^{b}	16.48±0.57^{b}	13.85±3.88^{b}	5.25±3.80^{a}
20	12	2.03±0.07^{a}	2.65±0.07^{a}	17.82±0.49^{a}	17.72±3.92^{a}	5.31±3.76^{a}
DN oranı (%)						
0	16	1.88±0.06^{c}	1.79±0.82^{a}	15.93±2.29^{a}	8.64±4.06^{c}	1.08±0.08^{c}
5	16	1.96±0.06^{b}	1.75±0.83^{a}	15.35±2.28^{b}	12.64±3.57^{b}	5.19±0.22^{b}
10	16	2.05±0.06^{a}	1.72±0.83^{a}	14.76±2.28^{c}	16.91±4.59^{a}	9.70±0.32^{a}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, lüpen unu ilavesinin lüpen unu içermeyen örneklerin ortalama kül miktarını artırdığı belirlenmiştir. Lüpen unu kullanılmadan hazırlanan ekmeklerde %1.89 olan ortalama kül miktarı, %20 oranında lüpen unu ihtiva eden örneklerde %2.03 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.58). Lüpen unu çeşitlerine (GALU ve UALU) ait kül miktarının buğday ununa göre daha yüksek olması (Çizelge 4.14), lüpen unu içeren ekmek örneklerinin daha fazla kül miktarına sahip olmasına neden olmuş olabilir (Çizelge 4.58).

Ekmek üretiminde kullanılan DN oranının artması, ekmeklerin ortalama kül miktarının artmasına neden olmuştur. %0, 5 ve 10 DN bulunan ekmeklerdeki ortalama kül miktarı sırasıyla %1.88, 1.96 ve 2.05 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.58). DN'nin yüksek orandaki kül içeriği (Çizelge 4.14), DN ihtiva eden ekmek örneklerinin kül miktarının da yüksek olmasına sebep olmuş görünmektedir (Çizelge 4.58).

Düz ekmek üretiminde farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15 ve 20) lüpen unu kullanılan bir çalışmada, ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranındaki artışın örneklerin kül içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Al Omari ve Abdul-Hussain, 2013).

Beyaz ekmek ve tam buğday unu ekmeği üretiminde farklı oranlarda (%0, 5, 10, 20 ve 30) lüpen unu kullanılan bir çalışmada; her iki ekmek çeşidinde de %5 oranında lüpen unu ilavesi örneklerin kül içeriğini önemli ($p>0.05$) düzeyde etkilemezken, %5'in üzerindeki lüpen unu kullanım oranları ekmeklerin kül içeriğinin kontrol örneğinden daha yüksek olmasına neden olmuştur (Tuluk, 2017).

Demirekin (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, ekmek formülasyonuna %0, 2, 4 ve 6 oranlarında DN ilave edilmiş, DN miktarındaki artışın örneklerin kül miktarını kontrole göre artırdığı bulunmuştur.

4.6.6.2. Yağ

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama yağ miktarı %1.76 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin yağ miktarı üzerinde lüpen unu oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 4.57).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu çeşidi açısından karşılaştırıldığında; bileşiminde GALU bulunan ekmeklerin ortalama yağ miktarı %1.72, UALU içeren ekmeklerin ortalama yağ miktarı ise %1.79 olarak belirlenmiştir. Ekmeklerin yağ miktarı üzerinde lüpen unu çeşidinin anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.58).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde, artan lüpen unu oranı ile birlikte ekmek örneklerinin yağ miktarının da arttığı görülmüştür. %20 oranında lüpen unu kullanımı ile ortalama %2.65 yağ içeriğine sahip ekmekler elde edilmiştir (Çizelge 4.58). Buğday ununa göre lüpen ununda daha yüksek oranda yağ bulunması (Çizelge 4.14), lüpen unu içeren ekmek örneklerinin yağ miktarının artmasında etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.58).

Ekmek örneklerinin yağ miktarı DN oranı yönünden karşılaştırıldığında, ekmeklerin ortalama yağ miktarının %1.72-1.79 arasında değiştiği ve bütün örneklerin aynı grupta yer aldığı bulunmuştur (Çizelge 4.58).

Obeidat ve ark. (2013) %0-50 oranlarında çimlendirilmiş lüpen unu ilave ederek bisküvi üretmiş, artan lüpen unu miktarıyla birlikte bisküvi örneklerinin yağ miktarının da arttığını belirlemişlerdir.

Tahıl barı üretiminde %0, 10 ve 15 oranlarında DN kullanılan bir çalışmada, %10 DN içeren örneğin yağ miktarının kontrol (%0 DN) tahıl barı örneğine benzer olduğu raporlanmıştır (Aigster ve ark., 2011).

4.6.6.3. Protein

Ekmek örneklerinin protein miktarı %11.48-18.44 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin protein miktarı üzerinde; lüpen unu çeşidi faktörü $p<0.05$ düzeyinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.57).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi olarak UALU kullanılan ekmeklerin ortalama protein miktarının (%15.41), GALU kullanılarak üretilen ekmeklere (%15.29) göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu fark istatistiki açıdan önemli bulunsada, sayısal olarak oldukça küçüktür (Çizelge 4.58).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde, ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranının artması ekmeklerin protein içeriğinin de artmasını sağlamıştır. Lüpen unu içermeyen örneklerde %12.07 olarak bulunan ortalama protein miktarı, %20 oranında lüpen unu kullanımı ile %47.6 oranında artarak %17.82'ye yükselmiştir (Çizelge 4.58). Lüpen ununun protein açısından zengin bir bileşime sahip olması bu sonuçlar üzerinde etkili olmuş ve proteince zenginleştirilmiş ekmek üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir (Çizelge 4.14 ve 4.58).

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada, ekmek üretiminde DN kullanımının örneklerin protein içeriğini azalttığı görülmüştür. DN ihtiva etmeyen örneklerin ortalama protein miktarı %15.93, %5 ve 10 DN içeren ekmeklerin ortalama protein miktarı ise sırasıyla %15.35 ve %14.76 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.58). Buğday ununda daha düşük oranda protein içeren DN'nin ekmek üretiminde kullanımı (Çizelge 4.14), DN içeren örneklerin protein miktarındaki azalma üzerinde etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.58).

Ekmek üretiminde farklı oranlarda (%0, 2, 4, 6, 8 ve 10) lüpen unu kullanılan bir çalışmada, kontrol buğday unu ekmeğinin protein miktarı %11.9 olarak belirlenmiş ve %10 lüpen unu ilavesiyle ekmek örneklerinin protein miktarının %14.1'e yükseldiği raporlanmıştır (Hamdia, 2017).

Ahmed (2013) tarafından yapılan bir çalışmada ekmek üretiminde %0, 10 ve 15 oranlarında lüpen unu kullanılmış ve bu ekmek örneklerinin protein miktarı sırasıyla %12.46, %15.43 ve %17.00 olarak belirlenmiştir.

Arp ve ark. (2018a) %0, 10, 20 ve 30 oranlarında DN kullanarak ekmek üretmişler; DN ihtiva etmeyen kontrol ekmek örneğinin protein miktarını %16.02, %10 oranında DN kullanılarak üretilen ekmek örneğinin protein miktarını ise %15.14 olarak bulmuşlardır.

DN (%15) ilave edilerek bisküvi üretilen bir çalışmada, DN ihtiva eden bisküvi örneğinin yağ miktarı kontrol buğday unu bisküvisine yakın bulunurken, DN ilavesi ile bisküvi örneklerinin protein miktarının kontrole göre azaldığı bildirilmiştir (Aparicio-Saguilan ve ark., 2007).

4.6.6.4. Toplam diyet lifi

Ekmek örneklerinin toplam diyet lifi miktarı %3.12-22.59 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin toplam diyet lifi miktarı üzerinde; lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ile *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.57).

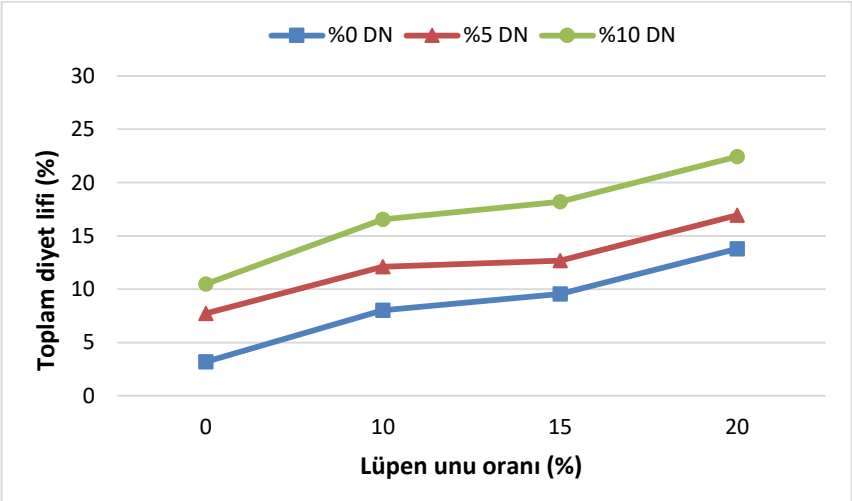
Lüpen unu çeşidi açısından yapılan karşılaştırmada, GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin birbirine yakın toplam diyet lifi içeriğine sahip olduğu ve aralarında istatistiki açıdan bir fark oluşmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.58).

Sonuçlar lüpen unu oranı yönünden incelendiğinde, ekmek örneklerinin ortalama toplam diyet lifi miktarının %7.12-17.72 arasında değiştiği belirlenmiştir. Lüpen unu

içermeyen ekmek örnekleriyle karşılaştırıldığında, %10 lüpen unu ilavesi ile ekmeklerin toplam diyet lifi içeriğinde %71.6 oranında artış elde edilmesi oldukça dikkat çekici bulunmuştur (Çizelge 4.58). Bu çalışmada; kavuz kısmı uzaklaştırılmadan tam un olarak elde edilen, yüksek diyet lifi içeriğine sahip lüpen ununun kullanımı (Çizelge 4.14), lüpen unu içeren ekmek örneklerinin toplam diyet lifi içeriği üzerinde etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.58).

Ekmek örneklerinin toplam diyet lifi miktarı DN oranı açısından karşılaştırıldığında, DN kullanılarak üretilen ekmeklerin toplam diyet lifi içeriğinin DN ihtiva etmeyen ekmeklerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ekmek formülasyonunda %5 oranında DN'ye yer verilmesi ile ortalama %12.64 toplam diyet lif içeriğine sahip ekmekler elde edilirken, %10 DN ilavesi ile ortalama lif miktarı %16.91'e yükselmiştir (Çizelge 4.58). DN'nin yüksek diyet lif içeriği ekmek örneklerine de yansımış, diyet lifçe zenginleştirilmiş ekmek ve diğer fırıncılık ürünlerinin üretiminde iyi bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14 ve 4.58).

Ekmek örneklerinin toplam diyet lifi üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.35'te gösterilmiştir. Hem lüpen unu hem de DN oranındaki artış, ekmek örneklerinin toplam diyet lifi içeriğini dikkat çekici şekilde yükseltmiştir. Lüpen unu ve DN içermeyen örnek en düşük toplam diyet lifi bileşimine sahipken, "%20 lüpen unu + %10 DN" kullanımı ile en yüksek toplam diyet lifi miktarına sahip ekmek örneği elde edilmiştir.



Şekil 4.35. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin toplam diyet lifi miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Villarino (2014), ekmek üretiminde 6 farklı tatlı lüpen çeşidinden elde edilen unları %20 oranında ayrı ayrı kullanmıştır. %100 buğday unu ekmeğine göre, lüpen unu içeren ekmeklerin %75 daha fazla diyet lifine sahip olduğunu ifade etmiştir.

Kek üretiminde %5, 10 ve 15 oranlarında lüpen unu kullanımının etkilerini araştıran Ahmed (2014), lüpen unu içeren kek örneklerinin toplam diyet lifi içeriğini sırasıyla %4.66, %6.61 ve %8.57 olarak bulmuştur.

Farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30 ve 40) DN kullanılarak ekmek üretilen bir çalışmada, formülasyona ilave edilen DN oranının artması ile birlikte ekmek örneklerindeki toplam diyet lifi miktarının da arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun, DN'nin bir diyet lifi bileşeni olarak kabul edilmesi ile ilişkili olduğu ve bundan dolayı ekmek örneklerine ilave edilen DN oranındaki artışın toplam diyet lifi içeriğindeki artışla sonuçlandığı belirtilmiştir (Wojciechowicz-Budzisz ve ark., 2015). Benzer sonuçlar Jondiko (2010) tarafından farklı oranlarda (%0, 5, 10 ve 15) Tip4 DN kullanılarak tortilla üretimi yapılan bir çalışmada da elde edilmiş, tortilla formülasyonuna ilave edilen DN miktarındaki artışın örneklerin toplam diyet lifi miktarını da artırdığı raporlanmıştır.

4.6.6.5. Dirençli nişasta (DN)

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ile hazırlanan ekmeklerin ortalama DN miktarı %5.32 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin DN içeriği üzerinde DN oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.57).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, GALU ve UALU ihtiva eden ekmek örneklerinin ortalama DN miktarı sırasıyla %5.35 ve %5.29 olarak bulunmuştur. Lüpen unu çeşidi, ekmek örneklerinin DN miktarı üzerinde anlamlı bir etki oluşturmamıştır (Çizelge 4.58).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde, lüpen unu ilavesinin ekmek örneklerinin DN miktarında istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. %0, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu ilave edilerek hazırlanan ekmeklerin ortalama DN miktarı sırasıyla %5.45, 5.29, 5.25 ve 5.31 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.58).

Sonuçlar DN oranı yönünden incelendiğinde, ekmek örneklerine ilave edilen DN oranındaki artışla birlikte ekmek örneklerinin DN içeriğinin de yükseldiği sonucuna ulaşılmıştır. DN içermeyen ekmek örneklerinin ortalama DN miktarı %1.08 olarak

bulunmuş, %5 ve 10 DN ilavesi ile ekmeklerin ortalama DN miktarı sırasıyla %5.19 ve 9.70'e yükselmiştir (Çizelge 4.58). DN'nin yüksek saflıkta olması (Çizelge 4.14), DN ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin DN içeriğinin yükselmesinde etkili olmuştur (Çizelge 4.58).

Sanz ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, kontrol kek örneğinde bulunan DN miktarı %0.65 olarak belirlenmiş, kek formülasyonuna %15 oranında DN eklenmesi ile kek örneğinin DN miktarı %13.50'ye yükselmiştir.

4.6.6.6. Fitik asit

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin fitik asit miktarı 105.18-169.45 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin fitik asit miktarı üzerinde; lüpen unu çeşidi, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.60).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; UALU ihtiva eden ekmeklerin ortalama fitik asit miktarının (133.75 mg/100 g), GALU kullanılarak üretilen ekmeklere (140.54 mg/100 g) göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.61). İstatistiki olarak önemli bulunan ($p<0.05$) bu farkın sayısal olarak küçük olduğu gözlenmiştir.

Elde edilen veriler lüpen unu oranı yönünden incelendiğinde, ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen unu oranındaki artışın örneklerin fitik asit içeriğini de artırdığı belirlenmiştir. Lüpen unu içermeyen ekmek örneklerinde 115.17 mg/100 g olarak bulunan ortalama fitik asit miktarı, %20 lüpen unu kullanımıyla 154.51 mg/100 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.61). Lüpen unu çeşitlerindeki (GALU ve UALU) fitik asit miktarının buğday ununa göre daha yüksek olmasının (Çizelge 4.15), ekmek örneklerinin fitik asit içeriğine yansımış olabileceği düşünülmektedir (Çizelge 4.61).

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada, ekmek örneklerinin ortalama fitik asit miktarının 127.70-146.37 mg/100 g arasında değiştiği görülmüştür. Ekmek üretiminde kullanılan DN oranının artması, ekmeklerin fitik asit miktarının azalmasını sağlamıştır (Çizelge 4.61). Bu durum DN'nin, yüksek oranda fitik asit içeren birçok diyet lifi kaynağına iyi bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.59. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Fitik asit (mg/100 g)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg)	Antioksidan aktivite (% inhibisyon)	*In vitro* glisemik indeks
GALU[3]	0	0	125.16±4.35	408.33±5.69	32.66±1.12	68.07±1.10
		5	118.66±5.22	385.71±7.83	32.80±1.20	67.54±0.86
		10	105.18±2.93	376.12±5.78	32.89±1.74	65.61±0.83
	10	0	152.27±5.85	379.50±8.06	30.63±1.78	65.86±0.92
		5	138.56±3.71	376.42±7.38	30.72±1.60	61.92±0.81
		10	130.15±4.38	366.62±9.84	30.81±1.09	60.13±1.05
	15	0	157.34±1.29	373.49±9.91	26.57±1.58	62.18±1.09
		5	145.51±6.65	368.56±6.48	26.83±1.53	59.57±0.79
		10	138.05±8.75	361.08±7.59	26.97±1.22	57.62±0.85
	20	0	169.45±4.96	355.83±7.13	21.71±1.31	58.83±0.72
		5	157.78±3.44	348.16±8.64	21.82±1.58	56.95±1.02
		10	148.37±5.37	339.74±6.73	21.95±1.53	55.77±0.98
UALU[4]	0	0	120.16±4.93	406.62±8.85	33.12±1.60	68.22±0.95
		5	115.66±2.81	388.24±5.59	33.25±1.32	67.36±0.69
		10	106.18±3.49	380.65±6.41	33.41±1.71	65.73±0.92
	10	0	138.58±3.78	385.18±5.78	30.51±1.67	65.18±1.03
		5	130.15±4.95	379.37±8.09	30.59±1.50	62.14±0.91
		10	122.75±2.26	368.24±8.06	30.70±1.78	59.68±0.89
	15	0	148.46±8.13	374.92±5.33	26.43±1.67	61.79±0.92
		5	141.40±2.47	367.47±7.92	26.57±1.57	59.35±0.85
		10	130.25±3.39	359.83±8.12	26.70±1.60	58.04±1.09
	20	0	159.56±3.42	357.61±5.60	21.28±1.54	58.31±0.88
		5	151.18±1.22	349.87±9.90	21.47±1.71	57.28±0.82
		10	140.72±4.75	337.56±5.98	21.55±1.56	55.26±0.95
Minimum-maksimum			105.18-169.45	337.56-408.33	21.28-33.41	55.26-68.22
Ortalama±std			137.15±17.25	370.63±18.57	28.00±4.50	61.60±4.15

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Buğday ununa %0, 10, 20 ve 30 oranlarında soya unu ilave edilerek ekmek üretilen bir çalışmada, artan soya unu miktarı ile birlikte ekmek örneklerinin fitik asit miktarının da arttığı belirlenmiştir (Abdel-Gawad ve ark., 2020).

Tortilla üretiminde farklı fasulye çeşitleri (kırmızı, siyah, barbunya ve beyaz) kullanımının tortilla kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, fasulye çeşitleri %0, 15, 25 ve 35 oranlarında ayrı ayrı kullanılmıştır. Fasulye unu ilave edilerek hazırlanan bütün tortilla örneklerinin fitik asit miktarı, %100 buğday unu kullanılarak üretilen tortillanın fitik asit miktarından daha yüksek bulunmuştur (Anton ve ark., 2008).

Çizelge 4.60. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Fitik asit		Toplam fenolik madde		Antioksidan aktivite		*In vitro* glisemik indeks	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	552.570	25.623**	21.333	0.380ns	0.052	0.022ns	0.244	0.288ns
Lüpen unu oranı (B)	3	3311.738	153.567**	3824.438	68.046**	298.432	126.819**	219.391	259.617**
DN[2] oranı (C)	2	1394.457	64.662**	1437.456	25.576**	0.269	0.114ns	58.611	69.357**
AxB	3	30.722	1.425ns	8.025	0.143ns	0.431	0.183ns	0.070	0.083ns
AxC	2	19.961	0.926ns	1.353	0.024ns	0.000	0.000ns	0.162	0.192ns
BxC	6	6.432	0.298ns	69.671	1.240ns	0.004	0.002ns	2.309	2.733*
AxBxC	6	3.288	0.152ns	6.826	0.121ns	0.003	0.001ns	0.170	0.201ns
Hata	24	21.565		56.204		2.353		0.845	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2] Dirençli nişasta.

Çizelge 4.61. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin fitik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Fitik asit (mg/100 g)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg)	Antioksidan aktivite (% inhibisyon)	*In vitro* glisemik indeks
Lüpen unu çeşidi					
GALU[2]	24	140.54±18.40[a]	369.96±18.05[a]	28.03±4.37[a]	61.67±4.23[a]
UALU[3]	24	133.75±15.77[b]	371.29±18.67[a]	27.96±4.66[a]	61.53±4.25[a]
Lüpen unu oranı (%)					
0	12	115.17±7.97[d]	390.94±13.48[a]	33.02±0.29[a]	67.08±1.14[a]
10	12	135.41±10.20[c]	375.88±7.16[b]	30.66±0.11[b]	62.48±2.55[b]
15	12	143.50±9.27[b]	367.56±6.20[c]	26.67±0.20[c]	59.76±1.88[c]
20	12	154.51±9.98[a]	348.13±8.18[d]	21.63±0.24[d]	57.06±1.39[d]
DN[4] oranı (%)					
0	16	146.37±17.17[a]	380.18±19.61[a]	27.86±4.63[a]	63.55±3.87[a]
5	16	137.36±14.95[b]	370.47±15.11[b]	28.00±4.61[a]	61.51±4.11[b]
10	16	127.70±15.63[c]	361.23±15.59[c]	28.12±4.62[a]	59.73±4.03[c]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

4.6.6.7. Toplam fenolik madde

Ekmek örneklerindeki ortalama toplam fenolik madde miktarı 370.63 mg GAE/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ekmeklerin toplam fenolik madde miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.60).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu çeşidi açısından karşılaştırıldığında, GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama toplam fenolik madde miktarının birbirine oldukça yakın olduğu (sırasıyla 369.96 ve 371.29 mg GAE/kg) ve aralarında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.61).

Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde miktarı lüpen unu oranı yönünden değerlendirildiğinde, ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen ununun örneklerin toplam fenolik madde miktarını azalttığı belirlenmiştir. %0, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu kullanılarak hazırlanan ekmeklerin ortalama toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 390.94, 375.88, 367.56 ve 348.13 mg GAE/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.61). Lüpen ununun buğday ununa oranla daha düşük olan toplam fenolik madde içeriğinin ekmek örneklerine de yansıdığı düşünülmektedir (Çizelge 4.15 ve 4.61).

Sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek örneklerine ilave edilen DN oranındaki artışın örneklerin ortalama toplam fenolik madde miktarını azalttığı görülmüştür. Ortalama toplam fenolik madde miktarı; DN içermeyen ekmeklerde 380.18

mg GAE/kg olarak belirlenirken, %5 ve 10 DN ilave edilerek üretilen örneklerde sırasıyla 370.47 ve 361.23 mg GAE/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.61). Bu durumun, DN'nin buğday unundan daha düşük olan toplam fenolik madde içeriğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.15 ve 4.61).

4.6.6.8. Antioksidan aktivite

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ihtiva eden ekmek örneklerine ait ortalama antioksidan aktivite miktarı %28.00 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin antioksidan aktivitesi üzerinde lüpen unu oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.60).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU ile üretilmiş ekmeklerin ortalama antioksidan aktivitesinin %28.03, UALU ile hazırlanmış ekmeklerin ortalama antioksidan aktivitesinin ise %27.96 olduğu belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidi, ekmek örneklerinin antioksidan aktivitesi üzerinde anlamlı bir etki oluşturmamıştır (Çizelge 4.61).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde; ekmek örneklerinin ortalama antioksidan aktivitesinin %21.63-33.02 arasında değiştiği, lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile ekmeklerin antioksidan aktivitesinin azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.61). Lüpen ununun antioksidan aktivitesinin buğday ununa göre daha düşük olması (Çizelge 4.15), ekmek örneklerinin antioksidan aktivitesine yansımış olabilir (Çizelge 4.61).

Sonuçlar DN oranı açısından karşılaştırıldığında; DN ihtiva etmeyen ekmeklerin ortalama antioksidan aktivitesinin (%27.86), %5 (%28.00) ve %10 (%28.12) DN içeren ekmeklerin ortalama antioksidan aktivitesine yakın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.61).

4.6.6.9. *In vitro* glisemik indeks

Ekmek örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri 55.26 ve 68.22 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerinde; lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri $p<0.01$ düzeyinde, *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.60).

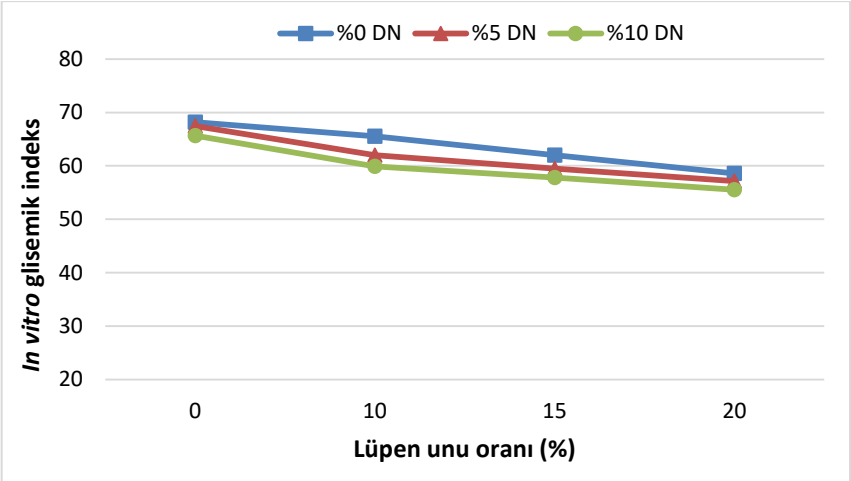
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, GALU içeren ekmek örnekleri (61.67) ile UALU (61.53) içeren örneklerin *in vitro* glisemik indeks değeri arasında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.61).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında; ekmek üretiminde lüpen unu kullanımı ile, lüpen unu içermeyen örneklerden daha düşük ortalama *in vitro* glisemik indeks değerine sahip ekmeklerin elde edildiği belirlenmiştir. Lüpen unu bulunmayan ekmeklerde 67.08 olarak bulunan ortalama *in vitro* glisemik indeks değeri; %10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu ilave edilen ekmeklerde sırasıyla 62.48, 59.76 ve 57.06 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.61). Lüpen ununda bulunan proteinler, diyet lifleri ve fitokimyasalların muhtemelen nişasta sindirimini ve glikozun emilimini yavaşlatmasından dolayı, lüpen unu ilavesi ile ekmeklerin *in vitro* glisemik indeks değerinin düşmüş olabileceği tahmin edilmektedir (Brennan ve ark., 1996; Fairchild ve ark., 1996; Onyechi ve ark., 1998).

DN oranı yönünden yapılan değerlendirmede, artan DN oranıyla birlikte ekmek örneklerinin ortalama *in vitro* glisemik indeks değerinin azaldığı gözlenmiştir. Lüpen unu içermeyen örneklerin ortalama *in vitro* glisemik indeks değeri (63.55), %5 DN kullanımı ile 61.51'e, %10 DN kullanımı ile de 59.73'e düşmüştür (Çizelge 4.61). Buğday ununda bulunan sindirilebilir karbonhidratların DN ile yer değiştirmesi, ulaşılabilir karbonhidrat miktarının azalmasını ve böylece glisemik indeks değerinin düşmesini sağlayabilmektedir (Stewart ve Zimmer, 2017).

Ekmek örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu Şekil 4.36'da gösterilmiştir. Hem lüpen unu hem de DN'nin artan oranları, ekmek örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değerini düşürücü etki göstermiştir. En düşük *in vitro* glisemik indeks değerinin "%20 lüpen unu + %10 DN" ilave edilerek üretilen örneklerde bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hall ve ark. (2005), ekmek üretiminde %10 oranında tatlı lüpen unu kullanmışlar, standart beyaz ekmeğin bulunduğu kahvaltı ile lüpen unu ekmeğinin bulunduğu kahvaltının glisemik indeks değerini karşılaştırmışlardır. Glisemik indeks değerini; standart beyaz ekmek içeren kahvaltıda 100 olarak, lüpen unu ekmeği içeren kahvaltıda ise 74.0 olarak bulmuşlardır. Lüpen ununun yüksek protein içeriğinin, daha fazla insülin yanıtı için uyarıcı olduğunu ve böylece glisemik indeks değerinin azaldığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.36. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin *in vitro* glisemik indeks değeri üzerinde etkili *"lüpen unu oranı x DN oranı"* interaksiyonu

Utrilla-Coello ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada; buğday unu ekmeğinin *in vitro* glisemik indeks değeri 65.31 olarak bulunurken, %20 nohut unu ilave edilerek üretilen ekmeğin *in vitro* glisemik indeks değerinin 46.92 olduğu belirlenmiştir.

Hettiaratchi ve ark. (2009); tam buğday ekmeği üretiminde mercimek unu kullanımının glisemik indeks değeri üzerine etkisini incelemişler, mercimek unu içeren ekmeğin kontrol örneğinden daha düşük glisemik indekse sahip olduğunu raporlamışlardır.

Arıbaş ve ark. (2020a); ekmek üretiminde %0, 15, 20 ve 25 oranlarında Tip4 DN kullanımının *in vitro* glisemik indeks değeri üzerine etkilerini araştırmışlar, ekmek üretiminde kullanılan DN miktarının artması ile birlikte örneklerin *in vitro* glisemik indeks değerinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Bisküvi üretiminde %50 oranında Tip4 DN kullanılan bir çalışmada; kontrol bisküvide 112.1 olarak belirlenen *in vitro* glisemik indeks değeri, Tip4 DN ihtiva eden bisküvi örneğinde 81.7 olarak bulunmuştur (Kahraman ve ark., 2019).

4.6.6.10. Mineral madde

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin mineral madde (Ca, K, Mg, P, Cu, Fe, Mn ve Zn) miktarı sonuçları Çizelge 4.62 ve 4.65'te, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.63 ve 4.66'da, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.64 ve 4.67'de verilmiştir.

Ekmek örneklerinin Ca miktarı 27.42-58.32 mg/100 g arasında değişiklik göstermiş, ortalama Ca miktarı 44.81 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı faktörünün ekmek örneklerinin Ca miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.63).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin birbirine yakın Ca miktarına sahip oldukları görülmüştür. GALU ve UALU içeren ekmeklerin ortalama Ca miktarı sırasıyla 45.06 ve 44.56 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.64).

Çizelge 4.62. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait Ca, K, Mg ve P miktarı (mg/100 g) sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Ca	K	Mg	P
GALU[3]	0	0	30.53±1.34	259.28±8.34	32.74±1.02	285.16±8.75
		5	29.13±1.20	243.19±10.15	31.12±1.23	305.47±7.23
		10	27.42±1.32	232.74±7.92	28.95±1.33	322.58±7.67
	10	0	43.55±0.76	235.08±5.05	34.39±1.22	330.54±8.22
		5	42.38±0.83	225.45±7.20	32.85±1.07	352.85±8.20
		10	42.75±0.99	210.81±7.74	32.69±1.02	380.47±7.45
	15	0	50.84±1.05	222.48±8.47	34.98±1.09	354.48±7.98
		5	50.56±1.20	215.73±6.39	33.74±0.93	374.39±6.86
		10	50.11±1.20	203.56±9.46	32.17±1.02	402.51±9.53
	20	0	58.32±1.03	214.89±6.17	34.79±1.05	385.14±9.05
		5	57.74±0.98	205.23±7.67	33.86±1.15	407.15±8.34
		10	57.45±0.76	189.58±9.57	32.91±1.03	427.31±8.90
UALU[4]	0	0	29.89±1.10	252.84±9.63	31.65±1.17	280.23±7.09
		5	29.05±1.13	240.57±8.94	31.23±1.02	302.65±4.24
		10	29.46±0.93	231.79±9.70	29.18±1.03	323.21±6.28
	10	0	42.25±1.13	238.40±8.84	35.12±1.09	325.90±6.15
		5	41.96±0.96	221.54±7.07	33.62±0.66	348.59±5.06
		10	42.10±1.48	213.97±6.62	31.87±1.20	375.64±8.37
	15	0	49.52±1.05	226.51±7.27	35.58±1.23	355.39±8.27
		5	50.17±0.96	210.86±9.60	34.15±1.13	382.41±9.53
		10	49.12±1.17	204.45±8.61	34.49±1.07	397.18±4.20
	20	0	57.71±0.98	216.53±7.71	36.24±0.99	378.18±9.84
		5	56.58±1.10	203.26±7.62	35.88±1.20	401.25±7.01
		10	56.93±1.30	190.61±7.13	33.31±0.95	421.34±5.23
Minimum-maksimum			27.42-58.32	189.58-259.28	28.95-36.24	280.23-427.31
Ortalama±std			44.81±10.59	221.22±18.85	33.23±2.05	359.17±42.11

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.63. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin Ca, K, Mg ve P miktarlarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ca		K		Mg		P	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	3.040	2.528ns	3.730	0.056ns	4.236	3.582ns	108.481	1.857ns
Lüpen unu oranı (B)	3	1739.799	1446.668**	3493.653	52.755**	33.626	28.435**	21910.955	375.150**
DN[2] oranı (C)	2	3.468	2.884ns	2223.696	33.578**	24.871	21.032**	7886.706	135.033**
AxB	3	1.197	0.995ns	10.679	0.161ns	1.598	1.351ns	31.255	0.535ns
AxC	2	0.879	0.731ns	23.425	0.354ns	0.175	0.148ns	9.364	0.160ns
BxC	6	0.613	0.510ns	7.830	0.118ns	0.576	0.487ns	21.101	0.361ns
AxBxC	6	0.557	0.463ns	8.550	0.129ns	0.987	0.835ns	14.523	0.249ns
Hata	24	1.203		66.224		1.183		58.406	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.64. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin Ca, K, Mg ve P miktarlarına (mg/100 g) ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ca	K	Mg	P
Lüpen unu çeşidi					
GALU[2]	24	45.06±11.16^{a}	221.50±19.12^{a}	32.93±1.68^{a}	360.67±43.42^{a}
UALU[3]	24	44.56±10.66^{a}	220.94±17.92^{a}	33.53±2.16^{a}	357.66±42.83^{a}
Lüpen unu oranı (%)					
0	12	29.24±1.05^{d}	243.40±10.93^{a}	30.81±1.47^{c}	303.22±18.08^{d}
10	12	42.49±0.58^{c}	224.21±11.07^{b}	33.42±1.19^{b}	352.33±22.46^{c}
15	12	50.05±0.64^{b}	213.93±9.40^{c}	34.18±1.18^{ab}	377.73±20.32^{b}
20	12	57.45±0.62^{a}	203.35±11.51^{d}	34.49±1.37^{a}	403.39±19.40^{a}
DN[4] oranı (%)					
0	16	45.33±10.95^{a}	233.25±16.34^{a}	34.43±1.52^{a}	336.88±39.16^{c}
5	16	44.69±11.18^{a}	220.73±15.07^{b}	33.31±1.57^{b}	359.34±39.78^{b}
10	16	44.42±11.35^{a}	209.69±16.36^{c}	31.94±1.95^{c}	381.28±40.14^{a}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranındaki artışın ekmeklerin Ca miktarını da artırdığı belirlenmiştir. Lüpen unu içermeyen ekmek örnekleri ile karşılaştırıldığında, %10 lüpen unu ilavesi ekmeklerin ortalama Ca miktarının %45.3 oranında artmasını sağlamıştır (Çizelge 4.64). Lüpen ununda yüksek oranda Ca bulunması (Çizelge 4.16), ekmek örneklerinin Ca miktarına yansımış olabilir (Çizelge 4.64).

Ekmek örneklerinin Ca miktarı DN oranı açısından incelendiğinde, DN ilavesinin örneklerin ortalama Ca miktarı üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığı ve bütün örneklerin aynı grupta yer aldığı görülmüştür. %0, 5 ve 10 oranlarında DN ilave edilerek üretilen ekmeklerin ortalama Ca miktarı sırasıyla 45.33, 44.69 ve 44.42 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.64).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanımı ile hazırlanan ekmek örneklerindeki K miktarı 189.58-259.28 mg/100 g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin K miktarı üzerinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.63).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi olarak GALU kullanılan ekmeklerin ortalama K miktarı 221.50 mg/100 g, UALU kullanılan ekmeklerin ortalama K miktarı ise 220.94 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Lüpen unu çeşitlerine ait ortalama K miktarının oldukça yakın olduğu ve aynı grupta yer aldıkları gözlenmiştir (Çizelge 4.64).

Sonuçlar DN oranı açısından değerlendirildiğinde, ekmek üretiminde kullanılan DN miktarındaki artışla birlikte örneklerin ortalama K miktarının azaldığı belirlenmiştir. %0, 5 ve 10 oranlarında DN içeren ekmeklerin ortalama K miktarının sırasıyla 233.25, 220.73 ve 209.69 mg/100 g olduğu görülmüştür (Çizelge 4.64). Buğday ununda DN'ye göre yaklaşık 20 kat daha fazla K bulunması (Çizelge 4.16), DN içeren ekmeklerin içermeyenlere göre daha düşük miktarda K ihtiva etmesine neden olmuş olabilir (Çizelge 4.64).

Ekmek örneklerinin ortalama Mg miktarı 33.23 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörleri ekmek örneklerinin Mg miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.63).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde; GALU ve UALU ihtiva eden ekmeklerin ortalama Mg miktarının sırasıyla 32.93 ve 33.53 mg/100 g olduğu, lüpen unu çeşidinin ekmeklerin Mg miktarı üzerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.64).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında; lüpen unu ilavesi ile ekmeklerin ortalama Mg miktarının, lüpen unu içermeyen örneklere göre arttığı belirlenmiştir. En yüksek Mg miktarının %15 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren örneklerde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.64).

DN oranı açısından yapılan karşılaştırmada; ekmek üretiminde kullanılan DN oranındaki artışın, örneklerin ortalama Mg miktarının azalması ile sonuçlandığı belirlenmiştir. DN içermeyen ekmeklerde 34.43 mg/100 g olan ortalama Mg miktarı; %5 DN içeren ekmeklerde 33.31 mg/100 g, %10 DN içeren ekmeklerde ise 31.94 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.64).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerine ait P miktarı 280.23-427.31 mg/100 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin P miktarı üzerinde, lüpen unu oranı ve DN oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.63).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidinin ekmek örneklerinin P miktarı üzerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. GALU ve UALU ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin ortalama P miktarı sırasıyla 360.57 ve 357.66 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.64).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından değerlendirildiğinde, lüpen unu oranındaki artışın ekmeklerin P miktarını da artırdığı görülmüştür. Lüpen unu ihtiva etmeyen ekmek

örnekleri ile karşılaştırıldığında; %10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu ilavesi ile örneklerin ortalama P miktarında sırasıyla %16.5, 24.6 ve 33.0 oranlarında artış elde edilmiştir (Çizelge 4.64). Lüpen ununun yüksek P içeriğinin ekmek örneklerinin P içeriğine yansıdığı görülmektedir (Çizelge 4.16 ve 4.64).

Elde edilen sonuçlar DN oranı yönünden değerlendirildiğinde; ekmek örneklerine ilave edilen DN'nin, DN içermeyen ekmeklere göre daha yüksek P içeriği sağladığı belirlenmiştir. DN içermeyen ekmeklerin ortalama P miktarı (336.88 mg/100 g); %5 DN ilavesi ile 359.34 mg/100 g'a, %10 DN ilavesi ile de 381.28 mg/100 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.64). DN'de buğday ununa göre yaklaşık 2.5 kat daha fazla P bulunması (Çizelge 4.16), ekmek örneklerinin P miktarının artmasında etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.64).

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait ortalama Cu miktarı 0.29 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin Cu miktarı üzerinde, lüpen unu oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.66).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, GALU ve UALU örneklerine ait ortalama Cu miktarı sırasıyla 0.29 ve 0.28 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidi, ekmek örneklerinin Cu miktarı üzerinde anlamlı bir etki oluşturmamıştır (Çizelge 4.67).

Sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek üretiminde lüpen unu kullanımının Cu miktarının artmasını sağladığı görülmüştür. Ortalama Cu miktarı; lüpen unu içermeyen örneklerde 0.23 mg/100 g, %20 oranında lüpen unu ihtiva eden örneklerde ise 0.33 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.67).

DN oranı yönünden değerlendirme yapıldığında, örneklerin ortalama Cu miktarının 0.28-0.29 mg/100 g arasında değiştiği ve DN kullanımının örneklerin Cu miktarı üzerinde istatistiki açıdan değişikliğe sebep olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.67).

Ekmek örneklerinin Fe miktarı 1.72-2.15 mg/100 g arasında değişmiş ve ortalama Fe miktarı 1.95 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin Fe miktarı üzerinde lüpen unu oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.65. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerine ait Cu, Fe, Mn ve Zn miktarı (mg/100 g) sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Lüpen unu oranı (%)	DN[2] oranı (%)	Cu	Fe	Mn	Zn
GALU[3]	0	0	0.24±0.06	1.75±0.18	0.62±0.08	0.72±0.10
		5	0.23±0.03	1.73±0.31	0.57±0.11	0.68±0.06
		10	0.22±0.01	1.76±0.21	0.52±0.23	0.63±0.16
	10	0	0.30±0.06	1.96±0.30	6.20±0.16	0.96±0.07
		5	0.28±0.02	1.94±0.17	6.14±0.03	0.93±0.06
		10	0.27±0.03	1.93±0.18	6.15±0.11	0.87±0.08
	15	0	0.32±0.03	2.01±0.20	9.38±0.14	1.04±0.13
		5	0.31±0.06	1.97±0.23	9.33±0.17	1.01±0.10
		10	0.32±0.04	1.94±0.17	9.25±0.16	1.01±0.18
	20	0	0.35±0.06	2.10±0.16	12.20±0.21	1.18±0.13
		5	0.34±0.03	2.06±0.23	12.20±0.23	1.12±0.10
		10	0.34±0.01	2.04±0.21	12.18±0.10	1.15±0.13
UALU[4]	0	0	0.23±0.04	1.73±0.17	0.60±0.13	0.70±0.11
		5	0.22±0.03	1.73±023	0.56±0.17	0.67±0.13
		10	0.22±0.03	1.72±0.20	0.57±0.11	0.62±0.10
	10	0	0.28±0.04	1.98±0.27	6.80±0.18	1.01±0.16
		5	0.28±0.03	1.95±0.24	6.72±0.25	0.92±0.13
		10	0.29±0.06	1.95±0.20	6.68±0.14	0.88±0.14
	15	0	0.31±0.04	2.06±0.18	9.75±0.23	1.07±0.07
		5	0.30±0.02	2.04±0.16	9.70±0.21	1.05±0.06
		10	0.30±0.03	2.00±0.23	9.70±0.06	1.00±0.18
	20	0	0.33±0.04	2.15±0.16	12.82±0.11	1.21±0.10
		5	0.33±0.03	2.10±0.11	12.74±0.16	1.16±0.13
		10	0.32±0.01	2.12±0.13	12.69±0.10	1.15±0.14
Minimum-maksimum			0.22-0.35	1.72-2.15	0.52-12.82	0.62-1.21
Ortalama±std			0.29±0.05	1.95±0.20	7.25±4.46	0.95±0.20

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Dirençli nişasta. [3]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin birbirine yakın ortalama Fe miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ortalama Fe miktarı; GALU içeren ekmeklerde 1.93 mg/100 g, UALU içeren ekmeklerde 1.96 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.67).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında; ekmek formülasyonuna ilave edilen lüpen ununun, lüpen unu içermeyen örneklere göre ortalama Fe miktarını artırdığı görülmüştür. Bununla birlikte; %10, 15 ve 20 oranında lüpen unu içeren ekmek örneklerinin Fe miktarı açısından aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.67).

Çizelge 4.66. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin Cu, Fe, Mn ve Zn miktarlarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Cu		Fe		Mn		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.001	0.766ns	0.010	0.227ns	1.756	69.008**	0.002	0.115ns
Lüpen unu oranı (B)	3	0.026	18.278**	0.277	6.547**	310.527	12205.435**	0.520	36.526**
DN[2] oranı (C)	2	0.000	0.343ns	0.005	0.128ns	0.026	1.005ns	0.021	1.497ns
AxB	3	0.000	0.106ns	0.004	0.101ns	0.207	8.134**	0.001	0.060ns
AxC	2	0.000	0.097ns	0.000	0.001ns	0.001	0.021ns	0.001	0.046ns
BxC	6	0.000	0.015ns	0.001	0.021ns	0.000	0.011ns	0.001	0.095ns
AxBxC	6	0.000	0.097ns	0.000	0.007ns	0.003	0.099ns	0.000	0.034ns
Hata	24	0.001		0.042		0.025		0.014	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Dirençli nişasta.

Çizelge 4.67. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin Cu, Fe, Mn ve Zn miktarlarına (mg/100 g) ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Cu	Fe	Mn	Zn
Lüpen unu çeşidi					
GALU[2]	24	0.29±0.04[a]	1.93±0.12[a]	7.06±4.50[b]	0.94±0.18[a]
UALU[3]	24	0.28±0.04[a]	1.96±0.15[a]	7.44±4.70[a]	0.95±0.20[a]
Lüpen unu oranı (%)					
0	12	0.23±0.01[c]	1.74±0.02[b]	0.57±0.03[d]	0.67±0.04[d]
10	12	0.28±0.01[b]	1.95±0.02[a]	6.45±0.32[c]	0.93±0.05[c]
15	12	0.31±0.01[ab]	2.03±0.04[a]	9.52±0.22[b]	1.03±0.03[b]
20	12	0.33±0.01[a]	2.09±0.04[a]	12.47±0.31[a]	1.16±0.03[a]
DN[4] oranı (%)					
0	16	0.29±0.04[a]	1.96±0.15[a]	7.29±4.72[a]	0.98±0.19[a]
5	16	0.29±0.04[a]	1.94±0.14[a]	7.24±4.72[a]	0.94±0.18[a]
10	16	0.28±0.05[a]	1.93±0.13[a]	7.22±4.71[a]	0.91±0.21[a]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta.

Sonuçlar DN oranı açısından değerlendirildiğinde, ekmeklerin ortalama Fe miktarı üzerinde DN oranının anlamlı bir etki oluşturmadığı görülmüştür. %0, 5 ve 10 oranlarında DN ihtiva eden ekmek örneklerindeki ortalama Fe miktarı sırasıyla 1.96, 1.94 ve 1.93 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.67).

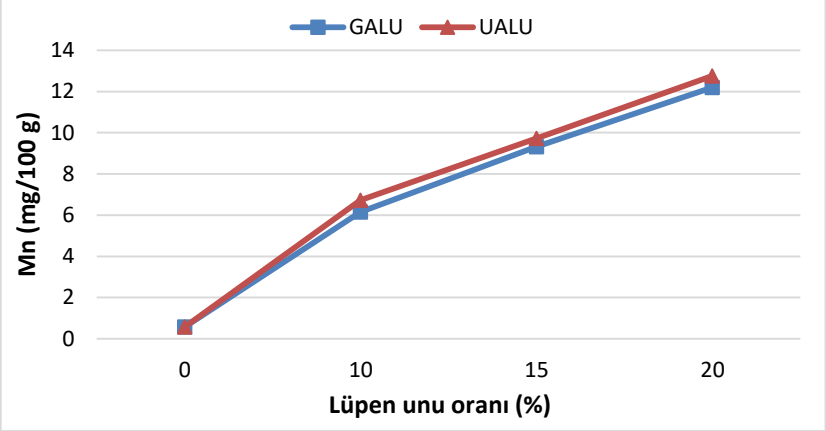
Ekmek örneklerinin Mn miktarı 0.52-12.82 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.65). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin Mn miktarı üzerinde; lüpen unu çeşidi ve lüpen unu oranı faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.66).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; UALU içeren ekmek örneklerinin ortalama Mn miktarı (7.44 mg/100 g), GALU içeren ekmek örneklerine (7.06 mg/100 g) göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.67).

Lüpen unu oranı açısından sonuçlar incelendiğinde, artan lüpen unu oranının ekmek örneklerinin ortalama Mn miktarının da artmasını sağladığı gözlenmiştir. Ekmek üretiminde %10 oranında lüpen unu kullanımı ile, lüpen unu içermeyen ekmeklere göre ortalama Mn miktarında 11.3 kat artış elde edilmiştir (Çizelge 4.67). Lüpen ununun Mn açısından oldukça zengin olması (Çizelge 4.16), lüpen unu ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin Mn içeriğinin artmasını sağlamış olabilir (Çizelge 4.67).

DN oranı yönünden karşılaştırma yapıldığında, ekmeklerin ortalama Mn miktarının 7.22-7.29 mg/100 g arasında değiştiği ve örnekler arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.67).

Ekmek örneklerinin Mn miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu Şekil 4.37'de gösterilmiştir. Hem GALU hem de UALU içeren ekmek örneklerinde artan lüpen unu oranıyla birlikte örneklerin Mn miktarının da arttığı görülmektedir.



Şekil 4.37. Farklı oranlarda lüpen unu ve DN içeren ekmek örneklerinin Mn miktarı üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x lüpen unu oranı"* interaksiyonu

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin ortalama Zn miktarı 0.95 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu oranı faktörü ekmek örneklerinin Zn miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.66).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidinin (GALU ve UALU) ekmek örneklerinin Zn miktarında istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. GALU ve UALU içeren ekmeklerin ortalama Zn miktarı sırasıyla 0.94 ve 0.95 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.67).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu oranı açısından karşılaştırıldığında, ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile örneklerin ortalama Zn miktarının 0.67 mg/100 g'dan 1.16 mg/100 g'a yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.67). Bu durumun, lüpen ununun buğday ununa göre daha fazla miktarda Zn içermesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.16 ve 4.67).

Sonuçlar DN oranı açısından değerlendirildiğinde, ekmek örneklerinin ortalama Zn miktarının 0.91-0.98 mg/100 g arasında değişiklik gösterdiği ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.67).

Levent ve Bilgiçli (2012); bazlama üretiminde %30 oranında lüpen unu kullanmışlar ve kontrol bazlama örneği ile karşılaştırıldığında lüpen unu içeren

bazlamanın daha yüksek Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P ve Zn içeriğine sahip olduğunu raporlamışlardır. Bazlama örneklerinin K miktarının ise, lüpen unu ilavesi ile azaldığını bildirmişlerdir.

Yarpuz (2011); glutensiz ekmek üretiminde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında lüpen unu kullanmış, lüpen unu ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinde kontrolden daha yüksek miktarda Ca, Cu, Mg, Mn, P, Fe ve Zn bulunduğunu belirlemiştir.

Kek üretiminde %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında Tip4 DN kullanılan bir çalışmada; DN ilave edilmemiş kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, %10 oranında DN kullanımının kek örneklerinin K ve Mg miktarını azalttığı, Fe ve Zn miktarı üzerinde ise önemli ($p>0.05$) bir değişiklik oluşturmadığı raporlanmıştır (Ceylan, 2020).

4.6.7. Duyusal analiz sonuçları

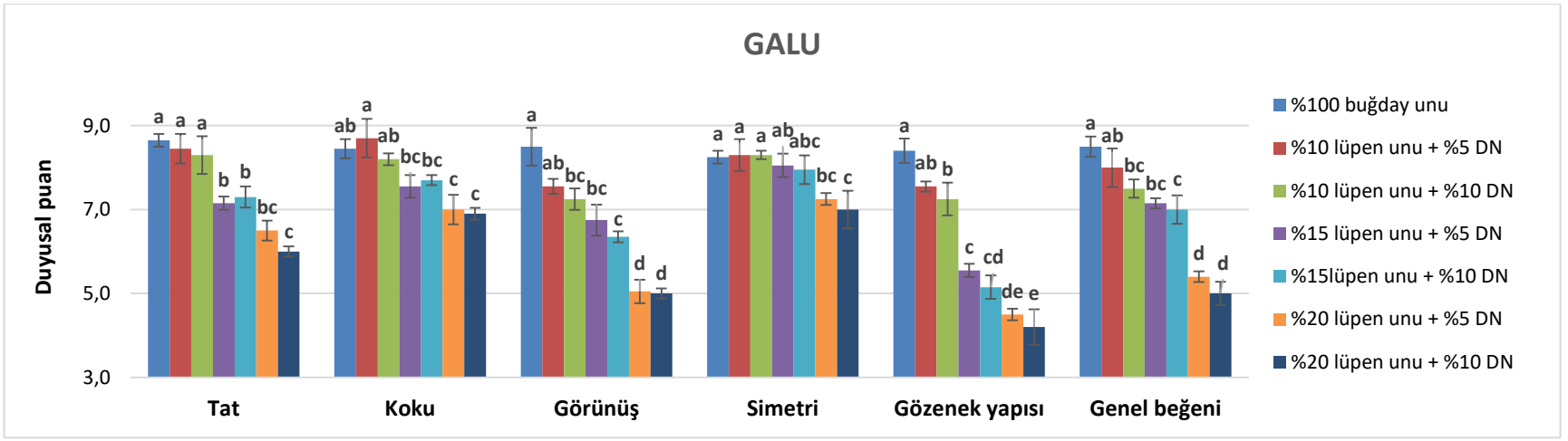
Duyusal analiz, kontrol örneği (%100 buğday unu ekmeği) ile birlikte hem lüpen unu ve hem de DN içeren ekmek örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Şekil 4.38 ve 4.39'da gösterilmiştir.

Tat puanı açısından değerlendirme yapıldığında, %10 lüpen unu (GALU ve UALU) ve DN (%5 ve 10) ihtiva eden ekmek örneklerinin kontrol %100 buğday unu ekmeğine yakın puanlara sahip olduğu belirlenmiştir. %10'un üzerinde lüpen unu kullanımı, ekmek örneklerinin tat puanının kontrole göre daha düşük olması ile sonuçlanmıştır.

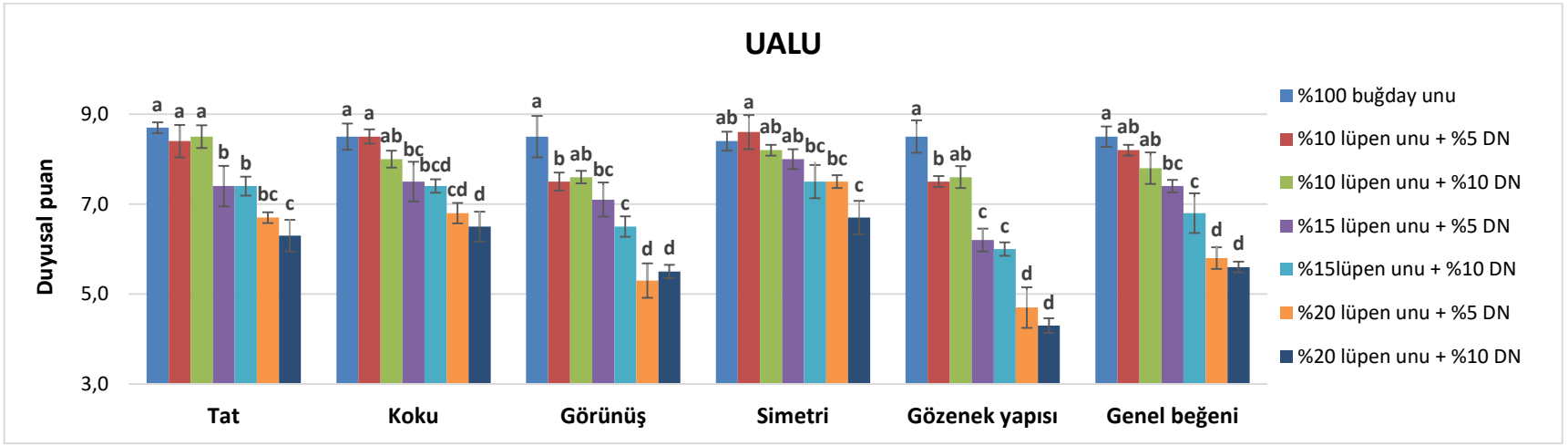
Hem GALU hem de UALU kullanılarak üretilen ekmek örnekleri arasında, %10 lüpen unu ve DN (%5 ve 10) içeren ekmeklerin koku puanının kontrol örneği ile aynı grupta yer aldığı görülmüştür. Yüksek oranlarda (>%10) lüpen unu kullanımı, ekmek örneklerinin koku puanı üzerinde olumsuz etki göstermiştir.

En düşük görünüş puanı %20 GALU/UALU ve DN (%5 ve 10) ilave edilerek üretilen ekmeklerde belirlenirken, "%10 GALU + %5 DN" ve "%10 UALU + %10 DN" formülasyonuna sahip ekmek örneklerinin kontrol buğday unu ekmeğine yakın görünüş puanı aldığı bulunmuştur.

Ekmek örnekleri arasında simetri puanı yönünden değerlendirme yapıldığında, %10 lüpen unu ve DN (%5 ve 10) içeren ekmekler ile %15 lüpen unu ve %5 DN ilave edilerek üretilen ekmeklerin kontrole yakın puanlara sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. %20 oranında lüpen unu (GALU ve UALU) kullanımı, ekmek örneklerinin simetri puanının düşmesine neden olmuştur.



Şekil 4.38. Farklı oranlarda GALU ve DN içeren ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları



Şekil 4.39. Farklı oranlarda UALU ve DN içeren ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Ekmek üretiminde yüksek oranlarda (%15 ve 20) lüpen unu kullanımının, örneklerin gözenek yapısını olumsuz etkilediği görülmüştür. En yüksek gözenek yapısı puanı kontrol ekmek örneklerine verilirken, "%10 GALU + %5 DN" ve %10 UALU + %10 DN" ihtiva eden ekmeklerin kontrole yakın puanlara sahip olduğu belirlenmiştir.

Genel beğeni puanı açısından yapılan değerlendirmede, "%10 GALU + %5 DN" ihtiva eden ekmek örneği ile %10 UALU + DN (%5 ve 10) içeren ekmeklerin kontrol %100 buğday unu ekmeğine yakın puanlar aldığı bulunmuştur. En düşük genel beğeni puanı %20 GALU/UALU ve DN (%5 ve 10) formülasyonu kullanılarak üretilen ekmeklerde elde edilmiştir.

Sonuçlar %5 ve 10 DN kullanım oranı açısından karşılaştırıldığında; tüm lüpen unu kullanım oranları için ekmek örneklerinin tat, koku, görünüş, simetri, gözenek yapısı ve genel beğeni puanları yüksek DN kullanım oranında (%10) genel olarak hafif bir azalma göstersede, istatistiki olarak %5 ve 10 DN oranlarına ait sonuçların aynı grupta yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.38 ve 4.39).

Ekmek üretiminde %0, 5, 10 ve 15 oranlarında lüpen unu kullanılan bir çalışmada; görünüş, tekstür, tat, koku ve genel beğeni puanları, kontrol (%0 lüpen unu) ekmekte sırasıyla 9.6, 9.3, 8.73, 8.9 ve 9.23 olarak, %10 oranında lüpen unu içeren ekmek örneğinde ise sırasıyla 9.0, 8.8, 8.5, 8.8 ve 8.9 olarak raporlanmıştır (Ahmed, 2013).

Codina ve ark. (2016) tarafından %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu ilave edilerek ekmek üretilmiş; tat, koku, aroma, renk, görünüş, tekstür ve genel beğeni parametreleri üzerinden yapılan duyusal değerlendirmede genel olarak en çok beğenilen örneğin %10 oranında lüpen unu ihtiva eden ekmek örneği olduğu ifade edilmiştir.

Farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) DN kullanarak ekmek üreten Shyu ve ark. (2018), %10 oranında DN içeren ekmek örneğine ait genel beğeni puanlarının DN içermeyen kontrol ekmek örneğine yakın olduğunu belirlemişler, DN içeren ekmek üretiminde %10 ikame oranının iyi bir seçim olacağını bildirmişlerdir.

Bazlama üretiminde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında DN kullanılan bir çalışmada; dış görünüş, şekil-simetri, gözenek yapısı, tat-koku ve genel kabul edilebilirlik parametreleri üzerinden duyusal değerlendirme yapılmış, DN'nin %10 oranında bazlama örneklerinin duyusal kalitesini bozmadan kullanılabileceği ifade edilmiştir (Levent ve ark., 2012).

4.7. Farklı Katkı Maddeleri Kullanılarak Üretilen Ekmek Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

Farklı oranlarda lüpen unu ve DN kullanılarak üretilen ekmek örnekleri arasında, "%10 GALU/UALU + %10 DN" içeren örneklerin teknolojik kalite açısından ümitvar olduğu belirlenmiştir. "%10 GALU/UALU + %10 DN" içeren ekmek formülasyonunun teknolojik kalitesini geliştirmek için çeşitli katkı maddeleri (vital gluten ve/veya SSL) kullanılarak ekmek örneklerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekmek örneklerine ait analiz sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

4.7.1. Renk değerleri

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait kabuk ve iç renk değerleri Çizelge 4.68 ve 4.71'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.69 ve 4.72'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.70 ve 4.73'te verilmiştir.

Ekmek örneklerinin kabuk *L** değeri 58.07-62.83 arasında değişmiştir (Çizelge 4.68). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin kabuk *L** değeri üzerinde katkı çeşidi faktörünün $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.69).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; GALU içeren ekmeklerin kabuk *L** değerinin (61.45), UALU içeren ekmeklerle (61.38) aynı grupta yer aldığı görülmüştür (Çizelge 4.70).

Çizelge 4.68. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait kabuk renk değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Katkı çeşidi	*L**	*a**	*b**	ΔE
GALU[2]	%100 buğday unu	58.07±0.82	10.65±0.33	31.85±0.69	-
	%10 GALU+%10 DN[3]	62.83±0.69	7.41±0.18	32.69±0.91	5.82±0.83
	%10 GALU+%10 DN+VG[4]	61.44±0.74	8.63±0.31	32.25±0.68	3.95±0.71
	%10 GALU+%10 DN+SSL[5]	62.53±0.83	7.14±0.21	31.39±0.75	5.69±0.64
	%10 GALU+%10 DN+VG+SSL	62.37±1.05	7.85±0.28	31.86±1.02	5.13±0.69
UALU[6]	%100 buğday unu	58.25±0.91	10.57±0.30	31.71±0.81	-
	%10 UALU+%10 DN	62.08±0.99	7.05±0.23	32.14±0.91	5.22±0.69
	%10 UALU+%10 DN+VG	61.18±0.89	8.77±0.31	32.39±0.81	3.51±0.60
	%10 UALU+%10 DN+SSL	62.68±0.85	7.15±0.20	31.94±1.03	5.60±0.84
	%10 UALU+%10 DN+VG+SSL	62.72±0.79	7.89±0.25	31.53±0.95	5.21±0.88
Minimum-maksimum		58.07-62.83	7.05-10.65	31.39-32.69	3.51-5.82
Ortalama±std		61.42±1.86	8.31±1.33	31.98±0.74	5.02±1.86

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Dirençli nişasta. [4]Vital gluten. [5]Sodyum stearol-2-laktilat. [6]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.69. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.022	0.029ns	0.013	0.186ns	0.022	0.029ns
Katkı çeşidi (B)	4	14.381	19.367**	8.153	116.704**	0.525	0.706ns
AxB	4	0.196	0.265ns	0.036	0.516ns	0.183	0.246ns
Hata	10	0.743		0.070		0.744	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.70. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	10	61.45±1.96[a]	8.34±1.41[a]	32.01±0.49[a]
UALU[3]	10	61.38±1.86[a]	8.29±1.45[a]	31.94±0.34[a]
Katkı çeşidi				
%100 buğday unu	4	58.16±0.13[b]	10.61±0.06[a]	31.78±0.10[a]
%10 lüpen unu+%10 DN[4]	4	62.45±0.53[a]	7.23±0.25[d]	32.41±0.39[a]
%10 lüpen unu+%10 DN+VG[5]	4	61.31±0.18[a]	8.70±0.10[b]	32.32±0.10[a]
%10 lüpen unu+%10 DN+SSL[6]	4	62.60±0.11[a]	7.15±0.00[d]	31.66±0.39[a]
%10 lüpen unu+%10 DN+VG+SSL	4	62.54±0.25[a]	7.87±0.03[c]	31.69±0.23[a]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta. [5]Vital gluten. [6]Sodyum stearol-2-laktilat.

Sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmekler ile katkılı (%10 lüpen unu + %10 DN + vital gluten/SSL/vital gluten + SSL) ekmeklerin %100 buğday unu ekmeğinden daha yüksek ortalama kabuk *L** değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmeğin teknolojik kalitesinin geliştirilmesi için kullanılan katkı maddelerinin, kabuk *L** değeri üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.70).

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama kabuk *a** değeri 8.31 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.68). Varyans analizi sonuçlarına göre, katkı çeşidi faktörü ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.69).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama kabuk *a** değeri 8.34, UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama kabuk *a** değeri ise 8.29 olarak belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidi, ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde istatistiki açıdan bir değişiklik oluşturmamıştır (Çizelge 4.70).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama kabuk *a** değeri %100 buğday unu ekmeğinde elde edilmiş, bunu sırasıyla vital gluten ile vital gluten + SSL katkılı ekmek örnekleri takip etmiştir. Katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmek örneği ile "%10 lüpen unu + %10 DN + SSL" içeren örnek, en düşük ortalama kabuk *a** değerini vermiştir (Çizelge 4.70). Vital gluten katkısı ile birlikte protein miktarının artması, Maillard reaksiyonunu teşvik ederek daha fazla reaksiyon ürününün oluşumuna neden olmuş ve vital gluten katkılı ekmeklerde kabuk *a** değerinin artması ile sonuçlanmış olabilir.

Ekmek örneklerine ait kabuk *b** değeri 31.39-32.69 arasında değişmiştir (Çizelge 4.68). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörlerinin ekmeklerin kabuk *b** değeri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.69).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidi olarak GALU ve UALU kullanılan ekmeklerin ortalama kabuk *b** değeri sırasıyla 32.01 ve 31.94 olarak bulunmuştur. Örnekler arasında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4.70).

Katkı çeşidi açısından yapılan değerlendirmede, ekmek örneklerinin ortalama kabuk *b** değerinin 31.66 ve 32.41 arasında değiştiği görülmüştür. "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna ilave edilen katkı maddelerinin kabuk *b** değeri üzerinde olumsuz bir etki göstermediği ve bütün örneklerin aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.70).

Çeşitli katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin kabuk ΔE değeri 3.51-5.82 arasında değişmiş, ortalama ΔE değeri 5.02 olarak bulunmuştur. %100 buğday unu içeren ekmeklerin ΔE değeri hesaplanmadığından dolayı, elde edilen değerlerde varyans analizi ve Duncan testi yapılmamıştır. Ham değerler üzerinden yapılan değerlendirmeye göre, hem GALU hem de UALU içeren örneklerde "%10 lüpen unu + %10 DN + vital gluten" formülasyonuna sahip ekmeklerin diğer örneklerden daha düşük ΔE değerine sahip olduğu görülmüştür. SSL ve vital gluten + SSL kombinasyonu kullanılarak üretilen ekmeklerin kabuk ΔE değeri, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmeklerin kabuk ΔE değerine yakın bulunmuştur (Çizelge 4.68).

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmeklere ait iç *L** değeri 69.31-72.63 arasında değişmiştir (Çizelge 4.71). Varyans analizi sonuçlarına göre, katkı çeşidi faktörü ekmek örneklerinin iç *L** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.72).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama iç *L** değeri sırasıyla 70.45 ve 70.35 olarak bulunmuştur. Lüpen unu çeşidinin ekmeklerin iç *L** değeri üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.73).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında, en yüksek ortalama ekmek içi *L** değerinin %100 buğday unu kullanılarak üretilen ekmekte olduğu belirlenmiştir. Kullanılan her üç katkı maddesi (vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL)

de, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna sahip ekmek örneğine yakın iç *L** değeri sağlamıştır (Çizelge 4.73).

Çizelge 4.71. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait ekmek içi renk değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Katkı çeşidi	*L**	*a**	*b**	ΔE
GALU[2]	%100 buğday unu	72.60±0.92	-1.59±0.25	14.75±0.76	-
	%10 GALU+%10 DN[3]	70.58±0.82	-1.65±0.21	23.28±0.81	8.77±0.73
	%10 GALU+%10 DN+VG[4]	69.76±1.04	-1.83±0.30	21.51±0.91	7.34±0.73
	%10 GALU+%10 DN+SSL[5]	69.65±0.83	-1.92±0.24	22.88±1.07	8.65±0.85
	%10 GALU+%10 DN+VG+SSL	69.66±0.78	-1.91±0.21	21.65±0.89	7.51±0.64
UALU[6]	%100 buğday unu	72.63±0.81	-1.52±0.20	14.60±0.76	-
	%10 UALU+%10 DN	70.49±0.71	-1.56±0.18	23.14±0.72	8.80±0.78
	%10 UALU+%10 DN+VG	69.31±0.88	-1.87±0.24	21.81±0.72	7.95±0.98
	%10 UALU+%10 DN+SSL	69.55±0.79	-1.95±0.33	22.86±0.99	8.83±1.04
	%10 UALU+%10 DN+VG+SSL	69.78±0.90	-1.93±0.18	21.50±0.83	7.48±0.65
Minimum-maksimum		69.31-72.63	(-1.95)-(-1.52)	14.60-23.28	7.34-8.83
Ortalama±std		70.40±1.35	-1.77±0.24	20.80±3.27	8.17±2.77

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Dirençli nişasta. [4]Vital gluten. [5]Sodyum stearol-2-laktilat. [6]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Taşan (2008) tarafından yapılan bir çalışmada ekmek üretiminde %2 oranında vital gluten kullanılmış, katkılı ve katkısız ekmek örneklerine ait iç *L** değerlerinin birbirine yakın olduğu bildirilmiştir.

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama iç *a** değeri -1.77 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.71). Lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörlerinin, ekmek örneklerinin iç *a** değeri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etki oluşturmadığı bulunmuştur (Çizelge 4.72).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama iç *a** değeri sırasıyla -1.78 ve -1.77 olarak bulunmuş, aynı grupta yer aldıkları görülmüştür (Çizelge 4.73).

Sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında; katkılı ekmeklerin ortalama iç *a** değerinin, katkısız ekmeklere göre daha düşük olduğu görülmüş, ancak bu fark istatistiki olarak önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.73).

Ekmek örneklerinin iç *b** değerinin 14.60-23.28 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.71). Varyans analizi sonuçlarına göre, katkı çeşidi faktörü ekmek örneklerinin iç *b** değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.72).

Çizelge 4.72. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ekmek içi renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	0.050	0.069ns	0.001	0.017ns	0.005	0.007ns
Katkı çeşidi (B)	4	6.774	9.338**	0.130	2.268ns	48.953	67.157**
AxB	4	0.046	0.064ns	0.004	0.065ns	0.037	0.051ns
Hata	10	0.725		0.057		0.729	

[1] * p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.73. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ekmek içi renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	10	70.45±1.26[a]	-1.78±0.15[a]	20.81±3.48[a]
UALU[3]	10	70.35±1.35[a]	-1.77±0.21[a]	20.78±3.52[a]
Katkı çeşidi				
%100 buğday unu	4	72.61±0.02[a]	-1.55±0.05[a]	14.67±0.11[c]
%10 lüpen unu+%10 DN[4]	4	70.53±0.06[b]	-1.61±0.06[a]	23.21±0.10[a]
%10 lüpen unu+%10 DN+VG[5]	4	69.53±0.32[b]	-1.85±0.03[a]	21.66±0.21[b]
%10 lüpen unu+%10 DN+SSL[6]	4	69.60±0.07[b]	-1.93±0.02[a]	22.87±0.01[ab]
%10 lüpen unu+%10 DN+VG+SSL	4	69.72±0.08[b]	-1.92±0.01[a]	21.58±0.10[b]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta. [5]Vital gluten. [6]Sodyum stearol-2-laktilat.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; GALU ile üretilen ekmeklerin ortalama iç *b** değeri 20.81, UALU ile üretilen ekmeklerin ortalama iç *b** değeri ise 20.78 olarak belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidi, ekmek örneklerinin iç *b** değeri üzerinde istatistiki açıdan bir fark oluşturmamıştır (Çizelge 4.73).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında, en yüksek iç *b** değerinin katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmek ile SSL katkılı ekmek örneğinde olduğu belirlenmiştir. Vital gluten ve vital gluten + SSL katkıları, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin iç *b** değerinin düşmesini sağlamıştır (Çizelge 4.73).

Çeşitli katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin iç ΔE değeri 7.34 ve 8.83 arasında değişim göstermiş, ortalama iç ΔE değeri 8.17 olarak bulunmuştur. Ham sayılar üzerinden yapılan değerlendirmede, hem GALU hem de UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama iç ΔE değerinin 7'nin üzerinde ve birbirine yakın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.71).

Ekmek üretiminde %2 oranında vital gluten kullanılan bir çalışmada; vital gluten katkılı ekmeklerin iç *L** değeri, katkısız ekmeklerin iç *L** değerine yakın bulunmuştur (Doğan ve ark., 2012). Kim ve ark. (2013); vital gluten katkılı ekmek örneklerine ait iç *a** değerinin katkısız kontrol örneğine yakın olduğunu, iç *b** değerinin ise vital gluten katkısı ile azaldığını bildirmişlerdir.

Yıldız (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; %20 oranında karabuğday unu ilave edilerek üretilen bazlama örneklerine vital gluten + SSL katkısı eklenmiş, yapılan katkılamanın katkısız örneklere göre kabuk *L** ve *b** değerleri üzerinde önemli bir değişiklik oluşturmadığı bildirilmiştir.

Atalay (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, katkısız buğday unu ekmeğine ait kabuk *L*, a** ve *b** değerleri sırasıyla 59.01, 11.91 ve 30.49, iç *L*, a** ve *b** değerleri sırasıyla 79.48, -1.45 ve 11.72 olarak belirlenirken; SSL katkılı ekmek örneğinin kabuk *L*, a** ve *b** değerleri sırasıyla 60.02, 11.56 ve 30.09, iç *L*, a** ve *b** değerleri ise sırasıyla 80.23, -1.56 ve 13.18 olarak bulunmuştur.

4.7.2. Ağırlık

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait ağırlık değerleri Çizelge 4.74'te, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.75'te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.76'da verilmiştir.

Çizelge 4.74. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri[1]

Lüpen unu çeşidi	Katkı çeşidi	Ağırlık (g)	Hacim (ml)	Spesifik hacim (ml/g)
GALU[2]	%100 buğday unu	146.58±0.76	625.38±6.89	4.27±0.12
	%10 GALU+%10 DN[3]	157.95±0.96	397.12±7.40	2.51±0.22
	%10 GALU+%10 DN+VG[4]	152.21±0.81	525.22±9.05	3.45±0.18
	%10 GALU+%10 DN+SSL[5]	154.35±0.86	496.18±8.29	3.21±0.15
	%10 GALU+%10 DN+VG+SSL	150.09±1.09	543.08±10.08	3.62±0.21
UALU[6]	%100 buğday unu	145.63±0.82	628.49±8.61	4.32±0.23
	%10 UALU+%10 DN	152.68±0.78	467.85±8.05	3.06±0.16
	%10 UALU+%10 DN+VG	150.24±1.02	561.16±8.54	3.74±0.19
	%10 UALU+%10 DN+SSL	152.28±0.95	514.32±8.20	3.38±0.24
	%10 UALU+%10 DN+VG+SSL	147.15±0.86	587.15±11.24	3.99±0.18
Minimum-maksimum		145.63-157.95	397.12-628.49	2.51-4.32
Ortalama±std		150.92±3.76	534.60±69.82	3.55±0.56

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Dirençli nişasta. [4]Vital gluten. [5]Sodyum stearol-2-laktilat. [6]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Ekmek örneklerinin ağırlıkları 145.63-157.95 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.74). Varyans analizi sonuçlarına göre, lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ekmek örneklerinin ağırlık değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.75).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; UALU ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin ortalama ağırlık değeri (149.60 g), GALU içeren ekmeklere (152.24 g) göre daha düşük bulunmuştur. Bu fark istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunsada, sayısal olarak değerler birbirine oldukça yakındır (Çizelge 4.76).

Çizelge 4.75. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ağırlık		Hacim		Spesifik hacim	
		KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	34.848	43.320**	5916.112	77.845**	0.400	10.854**
Katkı çeşidi (B)	4	53.619	66.654**	20819.601	273.946**	1.257	34.068**
AxB	4	2.659	3.306ns	664.800	8.747**	0.037	1.005ns
Hata	10	0.804		75.999		0.037	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.76. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ağırlık (g)	Hacim (ml)	Spesifik hacim (ml/g)
Lüpen unu çeşidi				
GALU[2]	10	152.24±4.29^{a}	517.39±82.61^{b}	3.41±0.64^{b}
UALU[3]	10	149.60±3.12^{b}	551.79±62.59^{a}	3.70±0.49^{a}
Katkı çeşidi				
%100 buğday unu	4	146.10±0.67^{e}	626.93±2.20^{a}	4.29±0.03^{a}
%10 lüpen unu+%10 DN[4]	4	155.32±3.73^{a}	432.48±50.01^{e}	2.79±0.39^{d}
%10 lüpen unu+%10 DN+VG[5]	4	151.22±1.39^{c}	543.19±25.41^{c}	3.59±0.20^{bc}
%10 lüpen unu+%10 DN+SSL[6]	4	153.31±1.46^{b}	505.25±12.83^{d}	3.29±0.12^{c}
%10 lüpen unu+%10 DN+VG+SSL	4	148.62±2.08^{d}	565.11±31.16^{b}	3.81±0.26^{b}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta. [5]Vital gluten. [6]Sodyum stearol-2-laktilat.

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında; katkı maddelerinin kullanımı ile, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmek ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Vital gluten + SSL kombinasyonu, %100 buğday unu ekmeğinden sonra en düşük ağırlık değerini sağlamıştır (Çizelge 4.76). Ekmek örneklerine ilave edilen katkı maddelerinin 4.7.3 başlığında açıklandığı şekilde ekmek hacmini artırması, pişme işlemi esnasında buharlaşarak uzaklaşan su miktarını da artırmış ve böylece ekmek ağırlıklarının azalmasını sağlamış olabilir (Atalay, 2009).

Kim ve Lee (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; %0.5 oranında SSL kullanılan ekmek örneğinin ağırlığı, kontrol ekmek örneğinin ağırlığından daha düşük bulunmuştur.

4.7.3. Hacim

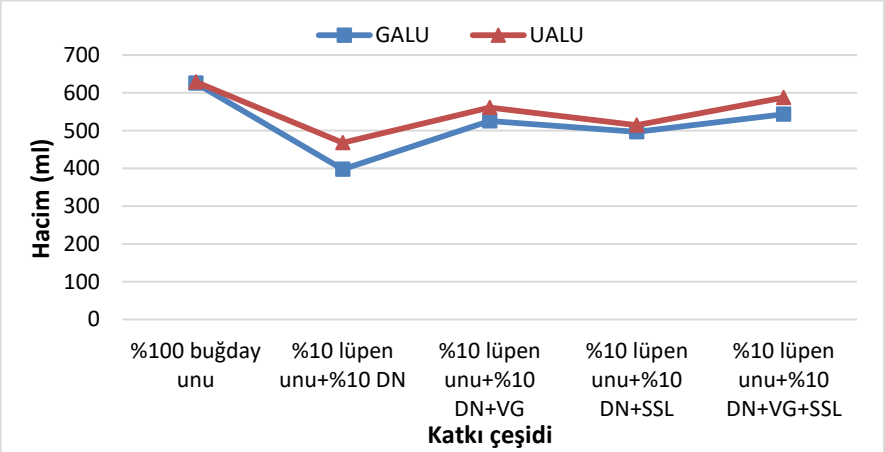
Farklı katkı maddeleri ilave edilerek elde edilen ekmek örneklerinin hacim değeri 397.12-628.49 ml arasında değişmiş ve ortalama ekmek hacmi 534.60 ml olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.74). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde, lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.75).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi olarak UALU kullanılan ekmek örneklerinin (551.79 ml), GALU içeren örneklere (517.39 ml) göre daha yüksek ekmek hacmi sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 4.76). UALU örneklerinde

ultrason uygulaması ile oluşan hidroperoksitlerin, hamur oksidasyonuna neden olarak ekmek hacminin artmasında etkili olduğu tahmin edilmektedir.

Katkı çeşidi açısından yapılan değerlendirmede; "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmek formülasyonuna ilave edilen katkı maddelerinin, katkısız ekmeğe göre daha yüksek ekmek hacmi elde edilmesine imkan verdiği görülmüştür. Katkılı ekmekler kendi aralarında karşılaştırıldığında, ortalama ekmek hacimleri vital gluten + SSL > vital gluten > SSL şeklinde sıralanabilmektedir (Çizelge 4.76). Vital gluten katkısının ekmek hacmi üzerindeki etkileri; lüpen unu ve DN ilavesi ile seyrelen gluten miktarını tamamlayıcı olması ve gaz tutma kapasitesini artıran visko-elastik özelliklerine atfedilmektedir (Dizlek ve ark., 2013). SSL'in ekmek hacmi üzerindeki etkisinin ise, hamur güçlendirici özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Hamur güçlendirici emülgatörler, gluten ve nişasta arasında bulunan arayüzdeki katmanlı yapıda sıvı filmler oluşturabilir. Bu filmler, glutenin maya tarafından oluşturulan gazı tutma yeteneğini geliştirir ve böylece ekmek hacminde artış görülebilir (Krog, 1981; Gomes-Ruffi ve ark., 2012).

Ekmek örneklerinin hacmi üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu Şekil 4.40'ta gösterilmiştir. "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonunun iyileştirilmesi için kullanılan bütün katkı maddelerinin, katkısız ekmekten daha yüksek ekmek hacmi verdiği görülmüş ve en yüksek hacim değeri "%10 UALU + %10 DN + vital gluten + SSL" kombinasyonu ile elde edilmiştir.



Şekil 4.40. Farklı katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce bildirildiği gibi, gluten varlığının daha büyük ekmek hacminin gelişimini desteklediğini göstermiştir (Zghal ve ark., 2001; Borla ve ark., 2004; Codina ve ark., 2008; Curti ve ark., 2014). Indrani ve Rao (1992),

%2 oranında vital gluten katkısının tam buğday ekmeği hacmini önemli ($p<0.05$) ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Boz ve Karaoğlu (2013) ekmek üretiminde %2.5 oranında vital gluten kullanımının, katkısız ekmek örneğine göre daha yüksek hacim değeri sağladığını bulmuşlardır. Dizlek ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, %20 oranında arpa kepeği ihtive eden ekmeğin hacim değeri 483 cm^3 olarak belirlenmiş, vital gluten katkısı ile ekmek hacmi 571 cm^3'e yükselmiştir.

Tam buğday ekmeği üretiminde %0.5 oranında SSL kullanılan bir çalışmada, katkılı ekmek hacminin katkısız kontrol ekmek hacmine göre daha yüksek olduğu raporlanmıştır (Paşa, 2010). Abd El-Hady ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada da, ekmek formülasyonuna %0.5 oranında SSL ilavesinin, katkısız örneklere göre daha yüksek hacme sahip ekmek üretimine imkan verdiği bildirilmiştir.

4.7.4. Spesifik hacim

Çeşitli katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait spesifik hacim değeri 2.51-4.32 ml/g arasında değişmiş, ortalama spesifik hacim değeri 3.55 ml/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.74). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerinde lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.75).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, ekmek örneklerine ait ortalama spesifik hacim değerinin 3.41-3.70 ml/g arasında değiştiği gözlenmiştir. Bileşiminde UALU kullanılan ekmekler, GALU içeren ekmeklere göre daha yüksek ortalama spesifik hacim değeri sağlamıştır (Çizelge 4.76). UALU ilave edilerek üretilen ekmeklerde spesifik hacim değerinin artmasında, daha önce ifade edildiği gibi UALU'nun bileşiminde bulunan hidroperoksitlerin etkisiyle meydana gelen hamur oksidasyonunun etkili olduğu düşünülmektedir.

Katkı çeşidinin ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerine etkisi incelendiğinde; kullanılan bütün katkı maddelerinin katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin ortalama spesifik hacim değerinin yükselmesinde olumlu etki gösterdiği bulunmuştur. %100 buğday unu ekmeğinde 4.29 ml/g olarak belirlenen ortalama spesifik hacim değeri; vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılı ekmeklerde sırasıyla 3.59, 3.29 ve 3.81 ml/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.76). Vital gluten katkısı, lüpen unu ve DN ilavesiyle ekmek hamurunda seyrelen gluten miktarının artmasını sağlamış ve böylece hamur elastikiyetini, mukavemetini ve gaz tutma kapasitesini artırarak spesifik

hacim değerinin katkısız örneklerden daha yüksek olmasını sağlamış olabilir (Ortolan ve Steel, 2017).

Yulaf ekmeği formülasyonuna vital gluten ilavesinin ekmek kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, gluten katkılı ekmek örneklerinin katkısız ekmeklere göre daha yüksek spesifik hacim değerine sahip olduğu bildirilmiştir (Salmenkallio-Marttila ve ark., 2004).

Farklı oranlarda (%0, 2.5 ve 5.0) vital gluten ilavesinin ekmek örneklerinin kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ekmeklerin üretiminde kullanılan vital gluten oranındaki artışın örneklerin spesifik hacim değerinin artmasını sağladığı ifade edilmiştir (Boz, 2008).

Mısır unu (%20) içeren ekmek üretiminde vital gluten + SSL kombinasyonunun etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, vital gluten + SSL katkısının ekmek örneklerinin hacim ve spesifik hacim değerlerini katkısız örneklere göre önemli ($p<0.05$) derecede iyileştirdiği belirtilmiştir (Özkaya ve Özkaya, 1992).

Bilgiçli ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, ekmek üretiminde %15 oranında lüpen unu kullanılmış ve lüpen unu içeren ekmek örneklerinin kalitesi üzerine SSL (%0.25) katkısının etkileri incelenmiştir. Katkısız lüpen unu ekmeği ile karşılaştırıldığında; SSL kullanımı ile ekmek örneklerinin ağırlığının azaldığı, hacim ve spesifik hacim değerlerinin ise arttığı bulunmuştur.

Armero ve Collar (1996); tam buğday ekmeği üretiminde %0.5 SSL katkısı kullanımının, örneklerin spesifik hacim değerini katkısız örneğe göre artırdığını raporlamışlardır. Kim ve Lee (2009) tarafından da benzer sonuçlar elde edilmiş, spesifik hacim değeri kontrol ekmek örneğinde 2.81 ml/g, SSL katkılı ekmek örneğinde ise 3.33 ml/g olarak belirlenmiştir.

4.7.5. Tekstür analiz sonuçları

Farklı katkı maddeleri ihtiva eden ekmek örneklerine ait 1. ve 3. günlerde ölçülen tekstür (sıkılık, sertlik, elastikiyet, koheziflik, çiğnenebilirlik ve esneklik) analiz sonuçları Çizelge 4.77 ve 4.80'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.78 ve 4.81'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.79 ve 4.82'de verilmiştir.

Çizelge 4.77. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait 1. gün tekstür analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Katkı çeşidi	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
GALU[2]	%100 buğday unu	287±9.33	534±6.51	0.924±0.07	0.724±0.09	353±7.35	0.354±0.07
	%10 GALU+%10 DN[3]	808±12.02	1152±12.45	0.821±0.09	0.571±0.08	541±8.63	0.221±0.10
	%10 GALU+%10 DN+VG[4]	425±7.92	598±6.36	0.879±0.09	0.673±0.10	354±7.13	0.319±0.11
	%10 GALU+%10 DN+SSL[5]	490±10.04	708±10.47	0.871±0.07	0.660±0.08	407±6.37	0.305±0.08
	%10 GALU+%10 DN+VG+SSL	391±7.78	567±6.22	0.892±0.08	0.692±0.09	350±7.94	0.323±0.07
UALU[6]	%100 buğday unu	306±5.80	526±7.92	0.932±0.09	0.733±0.07	359±6.22	0.358±0.09
	%10 UALU+%10 DN	501±8.77	890±10.47	0.842±0.06	0.625±0.06	465±6.79	0.269±0.07
	%10 UALU+%10 DN+VG	352±10.32	561±8.20	0.881±0.08	0.687±0.10	340±11.96	0.342±0.08
	%10 UALU+%10 DN+SSL	438±8.34	643±7.64	0.874±0.10	0.657±0.07	369±9.44	0.320±0.10
	%10 UALU+%10 DN+VG+SSL	316±7.78	512±6.93	0.894±0.09	0.703±0.08	322±7.10	0.349±0.06
Minimum-maksimum		287-808	512-1152	0.821-0.932	0.571-0.733	322-541	0.221-0.358
Ortalama±std		431±148.12	669±198.71	0.881±0.07	0.673±0.08	386±66.29	0.316±0.07

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Dirençli nişasta. [4]Vital gluten. [5]Sodyum stearol-2-laktilat. [6]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.78. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 1. gün tekstür analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Sıkılık		Sertlik		Elastikiyet		Koheziflik		Çiğnenebilirlik		Esneklik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	47726.450	591.040**	36551.250	504.503**	0.000	0.038ns	0.001	0.212ns	4530.050	70.179**	0.003	0.387ns
Katkı çeşidi (B)	4	76977.050	953.276**	168002.950	2318.881**	0.005	0.713ns	0.010	1.403ns	18635.800	288.703**	0.007	1.045ns
AxB	4	15212.200	188.386**	10203.250	140.832**	0.000	0.010ns	0.000	0.069ns	930.050	14.408**	0.000	0.038ns
Hata	10	80.750		72.450		0.007		0.007		64.550		0.007	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.79. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 1. gün tekstür analiz değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Lüpen unu çeşidi							
GALU[2]	10	474±197.41[a]	712±254.62[a]	0.877±0.04[a]	0.664±0.06[a]	401±81.81[a]	0.304±0.05[a]
UALU[3]	10	376±84.15[b]	626±155.89[b]	0.885±0.03[a]	0.681±0.04[a]	371±55.67[b]	0.328±0.04[a]
Katkı çeşidi							
%100 buğday unu	4	296±13.44[e]	530±5.66[d]	0.928±0.01[a]	0.728±0.01[a]	356±4.24[c]	0.356±0.00[a]
%10 lüpen unu+%10 DN[4]	4	655±217.08[a]	1021±185.26[a]	0.831±0.01[a]	0.598±0.04[a]	503±53.74[a]	0.245±0.03[a]
%10 lüpen unu+%10 DN+VG[5]	4	389±51.62[c]	580±26.16[c]	0.880±0.00[a]	0.680±0.01[a]	347±10.05[cd]	0.330±0.02[a]
%10 lüpen unu+%10 DN+SSL[6]	4	464±36.77[b]	675±45.96[b]	0.872±0.00[a]	0.658±0.00[a]	388±26.71[b]	0.312±0.01[a]
%10 lüpen unu+%10 DN+VG+SSL	4	354±53.03[d]	540±38.89[d]	0.893±0.00[a]	0.697±0.01[a]	336±19.94[d]	0.336±0.02[a]

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta. [5]Vital gluten. [6]Sodyum stearol-2-laktilat.

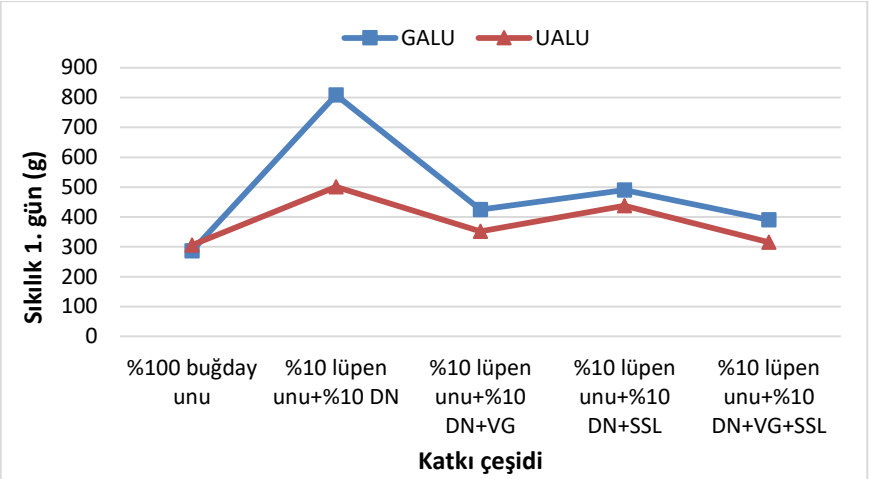
Ekmek örneklerine ait ortalama 1. gün sıkılık değeri 431 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.77). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün sıkılık değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.78).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; UALU kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama 1. gün sıkılık değerinin (376 g), GALU içeren örneklere (474 g) göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.79). Bu durumun, UALU içeren ekmeklerin daha yüksek hacme sahip olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.76 ve 4.79).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından değerlendirildiğinde; "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna sahip ekmeklerin geliştirilmesi için kullanılan vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılarının hepsinin ortalama 1. gün sıkılık değerini katkısız örneğe göre düşürdüğü belirlenmiştir. Katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin ortalama 1. gün sıkılık değerinde en fazla düşüş vital gluten + SSL katkısı ile elde edilmiş, bunu vital gluten takip etmiştir (Çizelge 4.79). Vital glutenin sahip olduğu visko-elastik özelliklerin ekmek içi gözenek yapısını geliştirmesi, bu sonuçlar üzerinde etkili olmuş olabilir. SSL içeren ekmekler, daha ince ve yumuşak bir ekmek içi tekstürü ile karakterize edilmektedir (Sluimer, 2005). Bu çalışmada elde edilen bulguların da bunu desteklediği, SSL kullanımının daha yumuşak bir ekmek içi sağladığı ve gözenek yapısı gelişimini olumlu etkileyerek sıkılık değerinin düşmesini sağladığı düşünülmektedir.

Ekmek örneklerinin 1. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu Şekil 4.41'de gösterilmiştir. GALU içeren örneklerin UALU kullanılarak üretilen örneklerden daha yüksek 1. gün sıkılık değerine sahip olduğu, her iki lüpen unu çeşidinde de kullanılan katkı maddelerinin, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin 1. gün sıkılık değerinin düşmesini sağladığı görülmektedir.

Doğan ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, ekmek üretiminde %2 oranında vital gluten kullanımının, örneklerin sıkılık değerinin katkısız ekmeklere göre daha düşük olmasını sağladığı belirlenmiştir.



Şekil 4.41. Farklı katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin 1. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

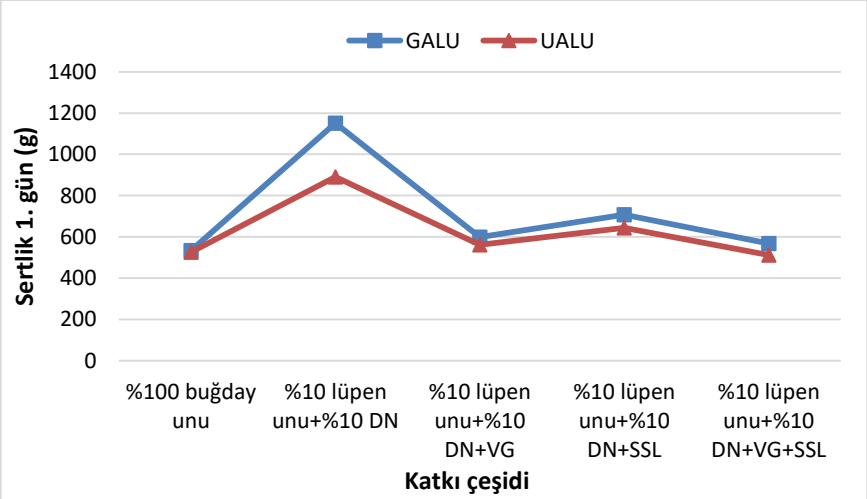
Farklı katkı maddeleri ihtiva eden ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri 512-1152 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.77). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonunun ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.78).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, örneklerin ortalama 1. gün sertlik değerinin 626-712 g arasında değiştiği görülmüştür. Bileşiminde lüpen unu çeşidi olarak UALU kullanılan ekmeklerin ortalama 1. gün sertlik değeri, GALU içeren ekmeklere göre daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.79). Ekmek formülasyonunda UALU kullanımının hamur oksidasyonuna sebep olarak gaz tutma kapasitesinin iyileşmesini sağladığı ve böylece ekmek içi yumuşaklığının artmasına imkan verdiği tahmin edilmektedir.

Katkı çeşidi açısından yapılan karşılaştırmada; vital gluten + SSL katkılı ekmeklerin, katkısız %100 buğday unu ekmeğine yakın ortalama 1. gün sertlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Katkı çeşitleri kendi aralarında değerlendirildiğinde, SSL kullanılan ekmek formülasyonunda en yüksek ortalama 1. gün sertlik değerinin elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.79). Vital glutenin, SSL katkısına göre ekmek içi yumuşaklığının artmasında daha güçlü bir etkiye sahip olduğu, bu durumun glutenin hamurdaki mikroyapısal gelişimi ve moleküler düzeyde su dağılımını etkilemesinden ve gaz tutma kapasitesini artırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Curti ve ark., 2014).

Şekil 4.42'de farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu verilmiştir. Ekmek üretiminde "%10 lüpen unu + %10 DN" kullanımı, katkısız buğday unu ekmeğine göre 1. gün sertlik değerinin artmasına neden olurken, "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmek formülasyonuna ilave edilen katkı maddelerinin üçü de 1. gün sertlik değerini düşürmüştür.

Paraskevopoulou ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, %10 oranında lüpen protein izolatı içeren ekmek formülasyonuna vital gluten ilave edilmiş, 24 saat sonunda ölçülen sertlik değerinin vital gluten içeren ekmeklerde daha düşük olduğu belirlenmiştir. Lüpen protein izolatı ile buğday gluteni miktarında oluşan seyrelmenin ekstra gluten ilavesi ile telafi edilmesinin, ekmek kalite özelliklerinde iyileşme sağladığı bildirilmiştir.



Şekil 4.42. Farklı katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin ortalama 1. gün elastikiyet değeri 0.881 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.77). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri 1. gün elastikiyet değeri üzerinde önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.78).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, ekmek örneklerinin ortalama 1. gün elastikiyet değerinin 0.877-0.885 arasında değiştiği ve lüpen unu çeşidinin örneklerin 1. gün elastikiyet değeri üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.79).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından değerlendirildiğinde; örneklerin ortalama 1. gün elastikiyet değerinin 0.831 ve 0.928 arasında değiştiği belirlenmiş ve örnekler arasında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmamıştır. Vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılı "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmeklerin ortalama 1. gün elastikiyet değeri sırasıyla 0.880, 0.872 ve 0.893 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.79).

Çeşitli katkı maddeleri ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değeri 0.571-0.733 arasında değişmiştir (Çizelge 4.77). Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değeri üzerinde lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.78).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, GALU ve UALU içeren örneklerin ortalama 1. gün koheziflik değerinin 0.664-0.681 arasında değiştiği ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.79).

Sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında, kullanılan katkı maddelerinin ekmek örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değeri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir değişikliğe neden olmadığı ve bütün örneklerin aynı grupta yer aldığı görülmüştür (Çizelge 4.79).

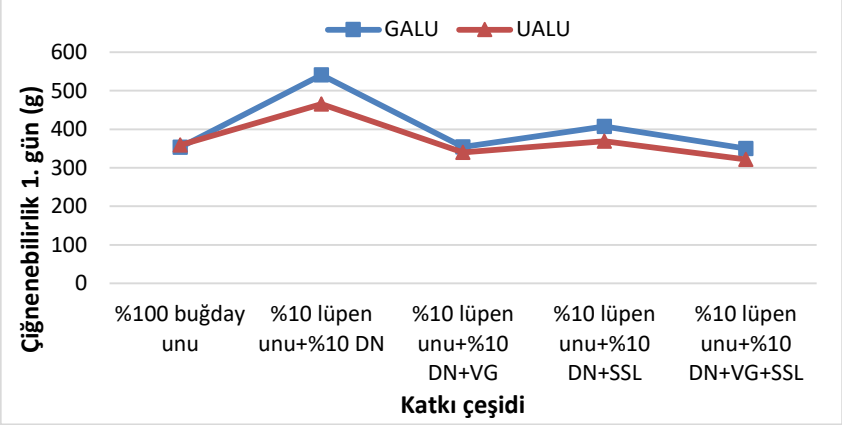
Çeşitli katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri 386 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.77). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.78).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, örneklerin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değerinin 371-401 g arasında değiştiği görülmüştür. Ekmek üretiminde lüpen unu çeşidi olarak UALU kullanımı, GALU içeren örneklere göre daha düşük ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri sağlamıştır. UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin sertlik değerinin de düşük olması, çiğnenebilirlik değerlerine yansımış görünmektedir (Çizelge 4.79).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi yönünden değerlendirildiğinde; katkı çeşitlerinin kullanımı ile katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değerinin düştüğü, vital gluten + SSL katkısının ise %100 buğday unu ekmeğinden daha düşük ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri elde edilmesini sağladığı bulunmuştur (Çizelge 4.79).

Ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu Şekil 4.43'te verilmiştir. En yüksek 1. gün çiğnenebilirlik

değerinin katkısız "%10 GALU + %10 DN" ekmeğinde olduğu, en düşük 1. gün çiğnenebilirlik değerinin ise "%10 UALU + %10 DN + vital gluten + SSL" formülasyonuna sahip ekmekte bulunduğu görülmektedir.



Şekil 4.43. Farklı katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

Farklı katkı maddeleri ile hazırlanan ekmeklerin 1. gün esneklik değeri 0.221-0.358 arasında değişmiştir (Çizelge 4.77). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün esneklik değeri üzerinde, lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörlerinin önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.78).

Elde edilen sonuçlar lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, GALU ve UALU ihtiva eden ekmek örneklerinin ortalama 1. gün esneklik değerinin 0.304-0.328 arasında değiştiği, örnekler arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.79).

Sonuçlar katkı çeşidi yönünden karşılaştırıldığında, ekmek örneklerinin ortalama 1. gün esneklik değerinin 0.245-0.356 arasında değiştiği ve aralarında istatistiki açıdan bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılı ekmek örneklerinin ortalama 1. gün esneklik değeri sırasıyla 0.330, 0.312 ve 0.336 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.79).

Farklı katkı maddeleri ihtiva eden ekmeklerin 3. gün sıkılık değeri 431-1115 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.80). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değeri üzerinde; lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.81).

Çizelge 4.80. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerine ait 3. gün tekstür analiz sonuçları[1]

Lüpen unu çeşidi	Katkı çeşidi	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
GALU[2]	%100 buğday unu	431±6.51	788±8.63	0.926±0.08	0.626±0.08	458±4.53	0.267±0.09
	%10 GALU+%10 DN[3]	1115±8.77	1448±11.60	0.817±0.09	0.452±0.06	529±5.09	0.153±0.06
	%10 GALU+%10 DN+VG[4]	717±9.05	865±10.61	0.840±0.08	0.516±0.09	375±5.94	0.204±0.10
	%10 GALU+%10 DN+SSL[5]	846±7.21	946±7.50	0.834±0.06	0.488±0.10	385±6.20	0.185±0.07
	%10 GALU+%10 DN+VG+SSL	632±9.19	809±9.05	0.843±0.08	0.536±0.09	366±5.31	0.208±0.08
UALU[6]	%100 buğday unu	439±10.61	779±7.50	0.923±0.09	0.629±0.07	453±4.10	0.261±0.08
	%10 UALU+%10 DN	825±7.78	1312±10.18	0.830±0.07	0.435±0.08	471±5.37	0.194±0.09
	%10 UALU+%10 DN+VG	583±7.92	836±6.51	0.843±0.07	0.575±0.10	405±5.47	0.237±0.07
	%10 UALU+%10 DN+SSL	693±7.78	874±8.77	0.837±0.08	0.553±0.09	405±5.01	0.190±0.09
	%10 UALU+%10 DN+VG+SSL	449±6.79	772±7.78	0.850±0.09	0.611±0.11	401±4.30	0.244±0.07
Minimum-maksimum		431-1115	772-1448	0.817-0.926	0.435-0.629	366-529	0.153-0.267
Ortalama±std		673±211.35	943±232.15	0.854±0.07	0.542±0.09	425±50.23	0.214±0.07

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Dirençli nişasta. [4]Vital gluten. [5]Sodyum stearol-2-laktilat. [6]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu.

Çizelge 4.81. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 3. gün tekstür analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Sıkılık		Sertlik		Elastikiyet		Koheziflik		Çiğnenebilirlik		Esneklik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Lüpen unu çeşidi (A)	1	112800.200	1649.126**	16017.800	209.383**	0.000	0.017ns	0.007	0.899ns	96.800	3.681ns	0.002	0.348ns
Katkı çeşidi (B)	4	172262.050	2518.451**	249188.375	3257.364**	0.006	1.020ns	0.018	2.401ns	10437.925	396.879**	0.005	0.737ns
AxB	4	11491.700	168.007**	2486.425	32.502**	0.000	0.005ns	0.002	0.222ns	1458.175	55.444**	0.000	0.064ns
Hata	10	68.400		76.500		0.006		0.008		26.300		0.007	

[1] * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.82. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 3. gün tekstür analiz değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

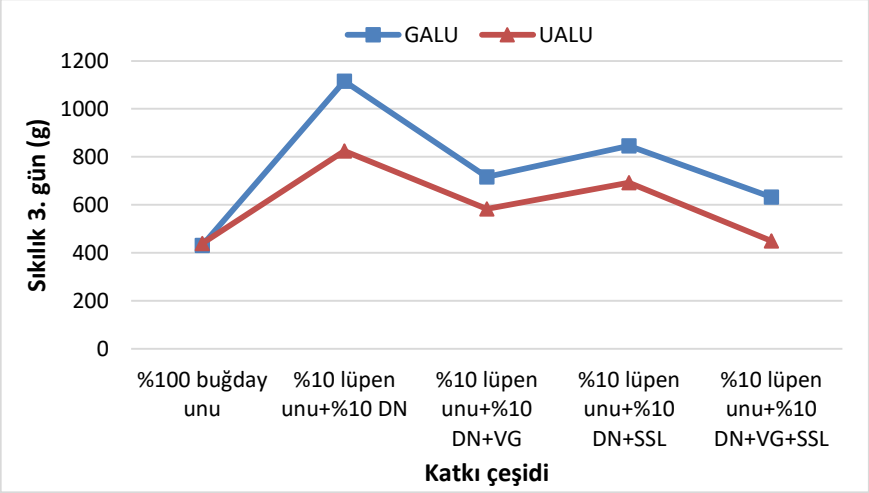
Faktör	n	Sıkılık (g)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Lüpen unu çeşidi							
GALU[2]	10	748±254.56^{a}	971±273.46^{a}	0.852±0.04^{a}	0.524±0.07^{a}	422±69.89^{a}	0.203±0.04^{a}
UALU[3]	10	598±164.52^{b}	915±226.09^{b}	0.857±0.04^{a}	0.561±0.08^{a}	427±32.59^{a}	0.225±0.03^{a}
Katkı çeşidi							
%100 buğday unu	4	435±5.66^{e}	783±6.36^{d}	0.924±0.00^{a}	0.627±0.00^{a}	455±3.54^{b}	0.264±0.00^{a}
%10 lüpen unu+%10 DN[4]	4	970±205.06^{a}	1380±96.17^{a}	0.823±0.01^{a}	0.443±0.01^{b}	500±41.01^{a}	0.173±0.03^{a}
%10 lüpen unu+%10 DN+VG[5]	4	650±94.75^{c}	851±20.51^{c}	0.841±0.00^{a}	0.545±0.04^{ab}	390±21.59^{cd}	0.220±0.02^{a}
%10 lüpen unu+%10 DN+SSL[6]	4	769±108.19^{b}	910±50.91^{b}	0.835±0.00^{a}	0.521±0.05^{ab}	395±13.96^{c}	0.187±0.00^{a}
%10 lüpen unu+%10 DN+VG+SSL	4	541±129.40^{d}	791±26.16^{d}	0.846±0.00^{a}	0.574±0.05^{ab}	383±25.18^{d}	0.226±0.03^{a}

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpen unu. [3]Ultrason uygulamasıyla acılığı giderilmiş lüpen unu. [4]Dirençli nişasta. [5]Vital gluten. [6]Sodyum stearol-2-laktilat.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün sıkılık değerinin 598-748 g arasında değiştiği ve UALU kullanımının, GALU içeren ekmeklere göre daha düşük 3. gün sıkılık değeri sağladığı görülmüştür (Çizelge 4.82).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi yönünden karşılaştırıldığında; "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna ilave edilen tüm katkı maddelerinin, katkısız ekmek örneğine göre daha düşük ortalama 3. gün sıkılık değeri sağladığı belirlenmiştir. En düşük ortalama 3. gün sıkılık değeri %100 buğday unu ekmeğinde belirlenmiş ve bunu sırasıyla vital gluten + SSL, vital gluten ve SSL içeren ekmek örnekleri takip etmiştir (Çizelge 4.82). Kim ve D'Appolonia (1977), ekmeğin protein içeriği ile depolama süresince bayatlaması arasında ters bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Willhoft (1973); artan protein miktarının sıkılığı azaltıcı etkisinin, nişasta bileşenlerindeki seyrelme ve glutenle zenginleştirme sonucunda ekmek hacminin artmasından kaynaklandığını ifade etmiştir.

Ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu Şekil 4.44'te gösterilmiştir. GALU ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değerinin, UALU içeren ekmeklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. "%10 UALU + %10 DN + vital gluten + SSL" formülasyonu ile üretilen ekmekler, %100 buğday unu ekmeğine en yakın 3. gün sıkılık değerini vermiştir.



Şekil 4.44. Farklı katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin 3. gün sıkılık değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

Gujral ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, ekmek üretiminde %20 oranında arpa unu kullanılmış ve yaş gluten katkısının (%15) ekmek kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Katkısız arpa unu içeren ekmeğin 1. ve 3. gün sıkılık değerleri

sırasıyla 102.86 ve 113.08 N olarak, vital gluten katkılı arpa unu ekmeğinin aynı değerleri ise sırasıyla 24.29 ve 33.38 N olarak bildirilmiştir.

Çeşitli katkı maddelerinin ilave edilmesiyle üretilen ekmek örneklerine ait ortalama 3. gün sertlik değeri 943 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.80). Varyans analizi sonuçlarına göre; lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.81).

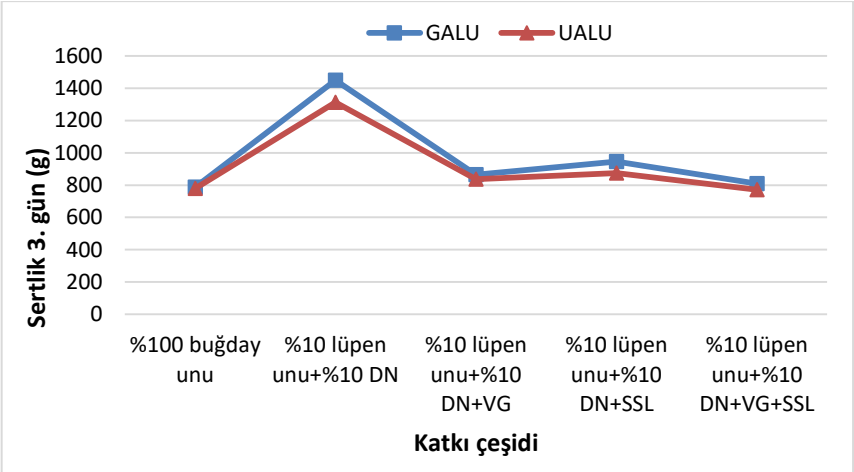
Sonuçlar lüpen unu çeşidi açısından karşılaştırıldığında; GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama 3. gün sertlik değerinin sırasıyla 971 ve 915 g olduğu belirlenmiştir. 3. gün sertlik değeri açısından, lüpen unu çeşidi olarak UALU kullanımının daha fazla avantaj sağladığı görülmüştür (Çizelge 4.82).

Katkı çeşidi açısından değerlendirme yapıldığında, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün sertlik değerinin 783-1380 g arasında değiştiği görülmüştür. "%10 lüpen unu + %10 DN + vital gluten + SSL" formülasyonunu içeren ekmek örnekleri ile %100 buğday unu ekmeklerinin ortalama 3. gün sertlik değerinin aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Katkı çeşidi olarak SSL kullanımı (910 g), vital gluten kullanılan ekmek örneklerine (851 g) göre daha yüksek ortalama 3. gün sertlik değeri ile sonuçlanmıştır (Çizelge 4.82). Vital glutenin genleşme ve gaz tutma sağlayan visko-elastik özellikleri ile ekmek içi yumuşaklığı ve raf ömrünü iyileştiren su absorbsiyon kapasitesi, bu sonuçlar üzerinde etkili olmuş olabilir (Ortolan ve Steel, 2017). SSL'in bayatlama üzerine olumlu etkileri ise; amilozla kompleks oluşturabilmesi, gluten proteinleri ile etkileşime girerek hamur kuvvetlendirici etki göstermesi ve su tutma kapasitesini artırması özelliklerine atfedilmektedir (Willhoft, 1973).

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde etkili "*lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu Şekil 4.45'te gösterilmiştir. En yüksek 3. gün sertlik değeri katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmeklerde bulunurken, kullanılan katkı maddelerinin 3. gün sertlik değerini %100 buğday unu ekmeğinin 3. gün sertlik değerine yakınlaştırdığı belirlenmiştir.

Boz (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, vital gluten içeren (%2.5 ve 5.0) ekmek örneklerine ait 1. ve 3. gün sertlik değerlerinin katkısız ekmek örneklerine göre daha düşük olduğu ifade edilmiştir.

Tam buğday ekmeği üretiminde %0.5 oranında SSL kullanılan bir çalışmada, ekmeklere ilave edilen SSL katkısının örneklerin 1. ve 3. gün sertlik değerlerinin katkısız örneklerden daha düşük olmasını sağladığı bildirilmiştir (Paşa, 2010).



Şekil 4.45. Farklı katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri 0.817-0.926 arasında değişmiştir (Çizelge 4.80). Lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri, ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri üzerinde önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.81).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, ekmeklerin ortalama 3. gün elastikiyet değerinin 0.852 ve 0.857 arasında değiştiği görülmüştür. GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama 3. gün elastikiyet değeri aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.82).

Elde edilen sonuçlar katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında, örneklerin ortalama 3. gün elastikiyet değerinin 0.823-0.924 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Katkı çeşidi, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün elastikiyet değeri üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir. Vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkıları ilave edilerek elde edilen ekmeklerin ortalama 3. gün elastikiyet değeri sırasıyla 0.841, 0.835 ve 0.846 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.82).

Çeşitli katkı maddelerinin ilave edilmesiyle üretilen ekmeklerin ortalama 3. gün koheziflik değerinin 0.542 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.80). Ekmek örneklerinin 3. gün koheziflik değeri üzerinde, lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.81).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; GALU içeren örneklerin ortalama 3. gün koheziflik değerinin 0.524, UALU ihtiva eden ekmeklerin aynı değerinin ise 0.561 olduğu belirlenmiştir. Lüpen unu çeşidi, ekmek örneklerinin 3. gün koheziflik değeri üzerinde istatistiki açıdan bir değişiklik oluşturmamıştır (Çizelge 4.82).

Katkı çeşidi açısından karşılaştırma yapıldığında, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün koheziflik değerinin 0.443-0.627 arasında değiştiği gözlenmiştir. "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkıları ilave edilerek üretilen ekmeklerin ortalama 3. gün koheziflik değeri sırasıyla 0.545, 0.521 ve 0.574 olarak belirlenmiş ve üçü de aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.82).

Farklı katkı maddeleri ihtiva eden ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri 366-529 g arasında değişmiş, ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değeri 425 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.80). Varyans analizi sonuçlarına göre, katkı çeşidi faktörü ile *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.81).

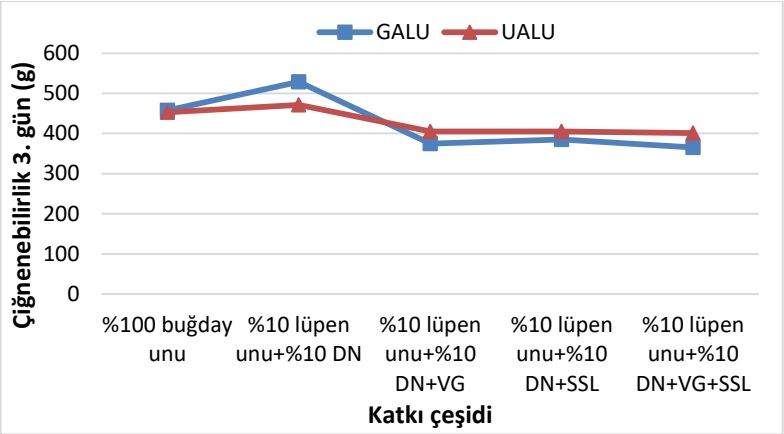
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, GALU ve UALU ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değeri sırasıyla 422 ve 427 g olarak bulunmuş, aralarında anlamlı bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4.82).

Ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri katkı çeşidi açısından karşılaştırıldığında; ekmek örneklerinin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değerinin 383-500 g arasında değiştiği görülmüştür. Katkılı (vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL) ekmek örneklerinin, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeği ile %100 buğday unu ekmeğinden daha düşük ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değerine sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.82).

Ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu Şekil 4.46'da gösterilmiştir. "%10 lüpen unu + %10 DN" içeren ekmek formülasyonuna ilave edilen katkı maddelerinin, 3. gün çiğnenebilirlik değerinin düşmesini sağladığı ve her üç katkı çeşidinin de %100 buğday unu ekmeğinden daha düşük 3. gün çiğnenebilirlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Farklı katkı maddeleri ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri 0.153-0.267 arasında değişmiştir (Çizelge 4.80). Lüpen unu çeşidi ve katkı çeşidi faktörleri, ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerinde önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.81).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları lüpen unu çeşidi açısından değerlendirildiğinde; ortalama 3. gün esneklik değerinin GALU içeren ekmek örneklerinde 0.203, UALU kullanılarak üretilen örneklerde ise 0.225 olduğu ve örnekler arasında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.82).



Şekil 4.46. Farklı katkı maddeleri içeren ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"lüpen unu çeşidi x katkı çeşidi"* interaksiyonu

Sonuçlar katkı çeşidi yönünden değerlendirildiğinde, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün esneklik değerinin 0.173-0.264 arasında değiştiği görülmüştür. Katkı çeşidi, örneklerin 3. gün esneklik değeri üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmamış; vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılı ekmeklerin ortalama 3. gün esneklik değeri sırasıyla 0.220, 0.187 ve 0.226 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.82).

Farklı katkı maddeleri ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerine ait 1. ve 3. gün tekstür analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; lüpen unu çeşidi faktörünün 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde önemli ($p<0.01$) olduğu görülürken, 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerindeki etkisi önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Ekmek örneklerine ait ortalama 1. gün sertlik, sıkılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin 3. gün yapılan ölçümlerde sırasıyla 431 g'dan 673 g'a, 669 g'dan 943 g'a ve 386 g'dan 425 g'a yükseldiği belirlenmiş; ortalama 1. gün elastikiyet, koheziflik ve esneklik değerleri ise 3. gün ölçümlerinde sırasıyla 0.881'den 0.854'e, 0.673'ten 0.542'ye ve 0.316'dan 0.214'e düşüş göstermiştir. 1. gün'den 3. güne artan depolama süresi ile birlikte nişastanın retgrograde olarak ekmeklerin bayatlamasına neden olması, tekstürel özelliklerin değişmesinde etkili olmuştur.

Curti ve ark. (2014); ekmek formülasyonuna %5 oranında vital gluten ilave edilmesi ile, katkılı ekmeklerin katkısız olanlara göre daha düşük 1. ve 3. gün sertlik değerlerine sahip olduğunu, vital gluten katkısının ekmeklerin 1. ve 3. gün ölçülen koheziflik ve elastikiyet değerleri üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığını raporlamışlardır.

Marchetti ve ark. (2012), ekmek üretiminde kullandıkları buğday unundan gluten ekstrakte etmişler, gluten katkılı ve katkısız ekmekler üretmişlerdir. Yapılan tekstür

analizleri sonucunda, gluten katkılı ve katkısız olan ekmeklerin koheziflik, elastikiyet ve esneklik değerleri arasında istatistiki açıdan bir fark belirlenmediğini ($p>0.05$) bildirmişlerdir.

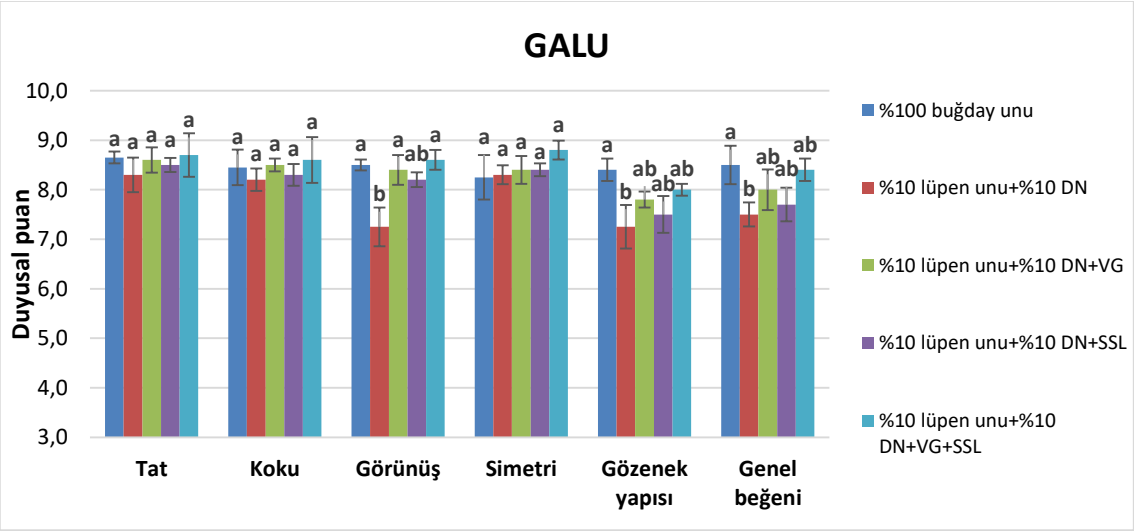
Çimlendirilmiş esmer pirinç unu içeren ekmek formülasyonuna vital gluten katkısının yapıldığı bir çalışmada; katkısız ekmek örneklerine ait elastikiyet, koheziflik, çiğnenebilirlik ve sertlik değerleri sırasıyla 0.86, 0.40, 739.1 g ve 1837.9 g olarak belirlenmiş, vital gluten katkılı ekmeklerde aynı değerler ise sırasıyla 0.85, 0.60, 576.0 g ve 1174.8 g olarak bildirilmiştir (S.-K. Kim ve ark., 2008).

Choi (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, SSL katkılı ve katkısız ekmek örneklerinin tekstürel özellikleri karşılaştırılmış; katkılı ekmeklerin sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri SSL içermeyen örneklere göre daha düşük bulunmuş, örneklerin koheziflik değerlerinin ise birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

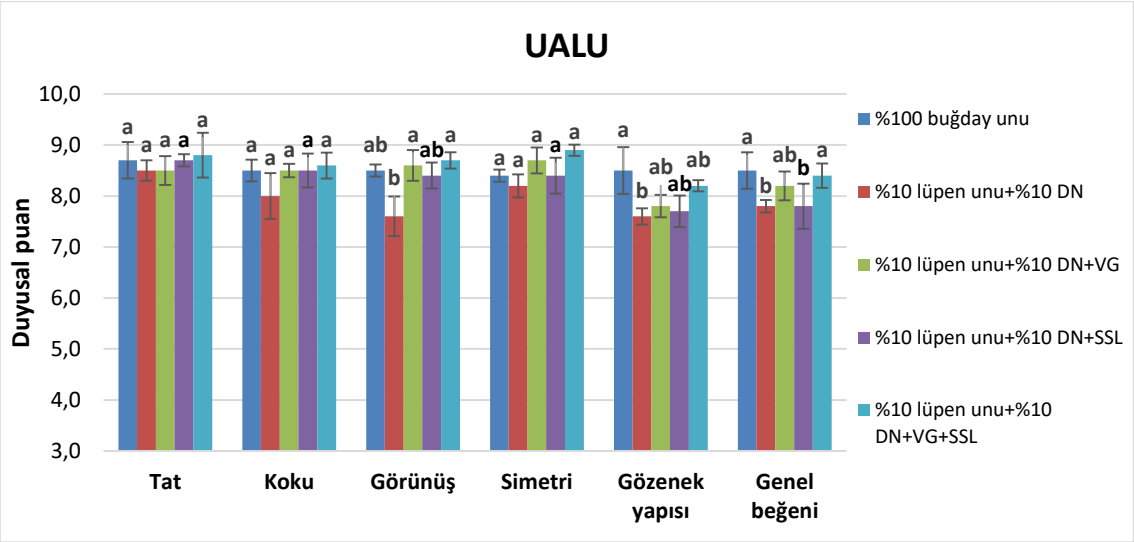
Khaleel ve ark. (2018); ekmek üretiminde SSL katkısı kullanımının, 0. ve 4. gün ölçülen sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini katkısız örneklere göre azalttığını, SSL katkısının ekmeklerin tekstürel özelliklerini iyileştirdiğini raporlamışlardır.

4.7.6. Duyusal analiz sonuçları

Farklı katkı maddeleri ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerine ait duyusal analiz (tat, koku, görünüş, simetri, gözenek yapısı ve genel beğeni) sonuçları Şekil 4.47 ve 4.48'de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek (GALU ilave edilmiş) örneklerine ait duyusal analiz sonuçları



Şekil 4.48. Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek (UALU ilave edilmiş) örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Farklı katkı maddeleri kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin tat puanları karşılaştırıldığında, lüpen unu çeşidi olarak hem GALU hem de UALU içeren örneklerin tat puanının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Kullanılan katkı maddelerinin (vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL) ekmek örneklerinin tadı üzerinde olumsuz bir etki göstermediği bulunmuştur.

Koku puanı açısından karşılaştırma yapıldığında, katkısız "%10 GALU/UALU + %10 DN" formülasyonuna ilave edilen katkı maddelerinin koku puanı üzerinde önemli ($p>0.05$) bir değişiklik oluşturmadığı belirlenmiştir. Bütün örneklerin koku puanlarının, %100 buğday unu (kontrol) ekmeğine yakın olduğu görülmüştür.

Ekmek formülasyonuna "%10 GALU/UALU + %10 DN" ilave edilmesi, görünüş puanının katkısız kontrol ekmeğinden daha düşük olmasına neden olurken, ekmek (%10 GALU/UALU + %10 DN) üretiminde kullanılan bütün katkı maddeleri kontrole yakın görünüş puanları sağlamıştır.

Ekmek örneklerinin simetri puanı değerlendirildiğinde, "%10 GALU/UALU + %10 DN" ihtiva eden ekmek örneklerinin üretiminde kullanılan her üç katkı maddesinin (vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL) de birbirine yakın simetri puanına sahip olduğu ve kontrol örneği ile aynı grupta yer aldıkları sonucuna ulaşılmıştır.

En düşük gözenek yapısı puanı katkısız "%10 GALU/UALU + %10 DN" ihtiva eden ekmek örneğinde elde edilmiş; vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılarının kullanımı, ekmek örneklerinin gözenek yapısı puanını artırarak kontrole yakın olmasını sağlamıştır.

Genel beğeni puanı açısından değerlendirme yapıldığında, ekmek üretiminde "%10 GALU/UALU + %10 DN" formülasyonu kullanımının genel beğeni puanını kontrole göre düşürdüğü belirlenmiştir. GALU içeren örneklere ilave edilen her üç katkı maddesi de genel beğeni puanının kontrole yakın olmasını sağlarken; UALU ihtiva eden ekmek örneklerinde SSL'in tek başına kullanımı genel beğeni puanları üzerinde yeterli olumlu etkiyi göstermemiş, vital gluten ve vital gluten + SSL katkıları ekmek örneklerinin genel beğeni puanını yükseltmiştir (Şekil 4.47 ve 4.48).

Duyusal analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, "%10 GALU/UALU + %10 DN" kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerinin geliştirilmesinde en etkili katkı maddesinin vital gluten + SSL kombinasyonu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kim ve ark. (2013), %10 DN ve %4 vital gluten ihtiva eden ekmek örneklerinin kontrol (%90 buğday unu + %10 DN) ekmek örneğinden daha yüksek renk, aroma, tekstür, tat ve genel beğeni puanlarına sahip olduğunu raporlamışlardır.

Mekuria ve Emire (2015) tarafından yapılan bir çalışmada; "%25 yumuşak buğday unu + %75 mısır unu + %3 vital gluten" formülasyonuna sahip ekmek örneğinin görünüş ve tekstür özelliklerinin, katkısız yumuşak buğday unu ekmeğine (kontrol) yakın olduğu, aroma ve genel beğeni değerlerinin ise kontrolden yüksek olduğu bildirilmiştir.

Ekmek üretiminde kullanılan SSL katkısının örneklerin duyusal özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada; katkısız ekmek örneklerine ait tekstür, aroma, tat ve genel beğeni puanları sırasıyla 5.2, 5.1, 5.0 ve 5.0 olarak belirlenmiş, SSL içeren ekmeklerin aynı değerleri ise sırasıyla 5.5, 4.9, 5.1 ve 5.7 olarak raporlanmıştır (Choi, 2008).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmanın ilk aşamasında; ultrason uygulaması kullanılarak, lüpenin acılığının giderilmesinde uygulanan geleneksel yönteme alternatif, endüstriye uyarlanabilir ve hızlı bir metot geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geleneksel yöntemin yanında; 25 ve 65°C'deki ıslatma suyu sıcaklıklarında her 4 saatte bir 10, 15, 20 ve 25 dk sürelerle ultrason uygulanarak lüpen tohumlarının acılığı giderilmeye çalışılmıştır. Hem geleneksel yöntem hem de ultrason uygulanan yöntemde, her ıslatma suyu değişiminde alınan lüpen örneklerinde toplam alkaloit miktarı, renk ve toplam karotenoid miktarı analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Önemli miktarda protein içeren lüpenin sahip olduğu yüksek alkaloit içeriği, bir protein kaynağı olarak kullanımını sınırlandırmaktadır. Acılık giderme aşamasında elde edilen sonuçlar, acılık giderme yöntemleri arasında, 60 saatte lüpen örneklerinin toplam alkaloit miktarının 0.02 g/100 g'ın altına (0.01 g/100 g) düşmesini sağlayan 25°C ıslatma suyu sıcaklığında 25 dk (her 4 saatte bir) ultrason uygulamasının en etkili ve hızlı acılık giderme yöntemi olduğunu ortaya koymuştur.

Ultrason uygulamasında kullanılan ıslatma suyu sıcaklığının yükselmesi, acılığı giderilmiş lüpen tohumlarının L^* ve b^* değerlerinin azalmasına, a^* değerinin ise artmasına neden olmuştur. Lüpen rengindeki değişikliklerin, ultrasonik kavitasyonun sebep olduğu hızlı kütle transferi, pigment kaybı ve Maillard reaksiyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında, 25°C ıslatma suyu sıcaklığında her 4 saatte bir uygulanan ultrason ile acılığı giderilmiş lüpen örneklerinin b^* değeri, geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Geleneksel yöntemle acılığı giderilmiş lüpenlerin toplam karotenoid miktarının, 25°C'de her 4 saatte bir ultrason uygulaması ile acılığı giderilmiş lüpenlerin karotenoid miktarından daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ultrason uygulama süresindeki artış, her iki uygulama sıcaklığında da (25 ve 65°C) acılığı giderilmiş lüpen tohumlarının toplam karotenoid miktarının azalmasına neden olmuştur.

Çalışmanın ikinci aşamasında; geleneksel yöntem ve en etkili ultrason uygulamasıyla (25°C - 25 dk - 60 saat) acılığı giderilmiş lüpenler, un haline getirilerek (GALU ve UALU) kuru kavurma ve mikrodalga yöntemleri ile stabilize edilmiştir. Stabilize edilen lüpen unları ile stabilize edilmemiş ham lüpen unu örnekleri kraft ve

vakum ambalajlar ile paketlenerek 6 ay süre ile oda sıcaklığında depolanmıştır. İki ayda bir, bütün lüpen unu örneklerinin renk ve serbest asitlik değerleri belirlenmiştir.

Kraft ambalajla paketlenmiş GALU örneklerinin L^* ve a^* değerleri, UALU örneklerine göre daha yüksek bulunmuş, lüpen unu çeşidi b^* değerini etkilememiştir. Ham örneklerin L^* değeri stabilize edilmiş örneklerden daha yüksek bulunurken, kuru kavurma ile stabilize edilmiş lüpen unlarının en yüksek a^* değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ham ve kuru kavurma ile stabilize edilmiş lüpen unlarının b^* değerleri aynı grupta yer almıştır. Depolamanın sonunda (6. ay), lüpen unu örneklerinin L^* ve b^* değerleri depolamanın başlangıcına (0. ay) göre daha düşük bulunurken, depolama süresince lüpen unlarının a^* değerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir değişiklik olmamıştır. Ultrason uygulaması, kraft ambalajla paketlenmiş UALU örneklerinin (%0.019) GALU örneklerinden (%0.008) daha yüksek serbest asitlik değerine sahip olmasına neden olmuştur. Bu durumun, ultrasonik kavitasyonun sebep olduğu oksidasyonla ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Ham örneklerin serbest asitlik değeri, stabilize edilmiş lüpen unu örneklerinden daha yüksek bulunmuş ve bu sonuçlar lüpen unlarına uygulanan stabilizasyon işlemlerinin etkinliğini ortaya koymuştur. Depolamanın başlangıcında %0.006 olarak belirlenen lüpen unlarına ait ortalama serbest asitlik değeri, 6. ayın sonunda %0.019 olarak belirlenmiştir.

Vakum ambalajla paketlenmiş UALU örneklerinin L^* değeri GALU örneklerinden daha düşük bulunurken, her iki lüpen unu çeşidinin a^* ve b^* değerleri arasında istatistiki açıdan bir fark olmadığı görülmüştür. Lüpen unlarının stabilizasyonunda uygulanan ısıl işlem, stabilize edilmiş lüpen unlarının ham lüpen unlarından daha düşük L^* ve b^* ile daha yüksek a^* değerleri göstermesine neden olmuş, bu durum ısıl işlemle tetiklenen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına atfedilmiştir. Depolamanın ilk 4 ayında, lüpen unu örneklerinin L^* ve a^* değerlerinde önemli ($p>0.05$) bir değişiklik olmadığı, b^* değerinin ise artan depolama süresi ile birlikte azalma gösterdiği bulunmuştur. Kraft ambalajla paketlenmiş lüpen unlarında olduğu gibi vakum ambalajla paketlenmiş örnekler arasında da, UALU içerenlerin daha yüksek serbest asitlik değerine sahip olduğu görülmüştür. Stabilize edilmiş lüpen unlarının serbest asitlik değerinin, stabilize edilmemiş ham örneklerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem uygulanmayan ham örneklerin diğer örneklere göre daha yüksek olan su içeriği ile anaerobik mikroorganizmaların enzim aktivitesinin, bu sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmüştür. Depolamanın başlangıcında lüpen unu

örneklerinin serbest asitlik değeri %0.006 olarak belirlenirken, depolamanın sonunda bu değer %0.021'e yükselmiştir.

Hem kraft ambalajla hem de vakum ambalajla paketlenmiş lüpen unlarının 6 ay boyunca depolama stabilitesinin belirlenmesi için yapılan analizler genel olarak değerlendirildiğinde, lüpen unu örneklerinin muhafazasında kuru kavurma yönteminin en etkili stabilizasyon metodu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kuru kavurma yöntemi ile stabilize edilen GALU ve UALU örnekleri ile birlikte, bu çalışmada kullanılan diğer hammaddelerde renk ölçümü ve kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Lüpen unu örneklerinin (ham lüpen unu, GALU ve UALU) buğday irmiğinden daha yüksek olan b^* değerleri dikkat çekmiştir. Lüpen unlarının, aynı zamanda diğer hammaddelere göre oldukça yüksek oranda yağ, protein, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P ve Zn içerdiği belirlenirken, toplam diyet lifi miktarının yüksekliği de ilgi çekici bulunmuştur. %91.03 oranında DN içeren DN örneğinin, toplam diyet lifi miktarının da (%93.12) oldukça yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek fitik asit miktarı ham lüpen ununda belirlenirken, acılık giderme prosesinin lüpen unlarının (GALU ve UALU) fitik asit içeriğinin azaltılmasında oldukça etkili olduğu ve UALU örneklerinin GALU örneklerinden daha düşük miktarda fitik asit içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Acılık giderme prosesi aynı zamanda fenolik bileşiklerin lüpenden ıslatma suyuna geçişine neden olurken, GALU ve UALU örnekleri ile ham lüpen ununun antioksidan aktivitesi üzerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmamıştır. Toplam diyet lifi miktarı yüksek olan hammaddelerin (ham lüpen unu, GALU, UALU ve DN) *in vitro* glisemik indeks değerlerinin düşük olması göze çarpmıştır. Bu sonuçlar, lüpen unu ve DN'den oluşan kompozit unların, gıdaların besinsel ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilecek bir hammadde olarak büyük potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında üretilen makarna örneklerinin L^*, a^* ve b^* değerleri üzerinde, lüpen unu çeşidinin (GALU ve UALU) istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Artan lüpen unu oranı ile birlikte makarna örneklerinin a^* ve b^* değerleri de artarken, DN oranındaki artış makarnaların a^* ve b^* değerlerini azaltmıştır.

GALU ve UALU kullanılarak üretilen makarna örneklerinin birbirlerine yakın ağırlık artışı ve SGKM miktarı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Formülasyonunda UALU bulunan makarna örneklerinin hacim artışı ve sıkılık değerlerinin, GALU ihtiva eden makarnalardan daha düşük olduğu bulunmuştur. Ultrason uygulamasının

proteinlerin yapısal özellikleri üzerinde değişikliklere sebep olarak su tutma kapasitesini azaltması, UALU içeren makarnaların daha düşük hacim artışı ve sıkılık değerlerine sahip olmasına neden olmuş olabilir. %10 lüpen unu ilave edilen makarna örneklerinin ağırlık artışı değeri, lüpen unu içermeyen makarnaların ağırlık artışı değerine yakın bulunmuştur. Yüksek oranda (%20) lüpen unu kullanımı; lüpen unu içermeyen örneklere göre, makarnaların hacim artışı ve sıkılık değerlerini azaltırken, SGKM miktarının artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, lüpen unu içeren bütün makarnaların SGKM miktarının %10'un altında olduğu belirlenmiştir.

Makarna üretiminde %5 DN kullanımı, makarnaların ağırlık artışı üzerinde olumsuz bir etki göstermezken; hacim artışı ve sıkılık değerlerinin DN içermeyen makarnalara göre azalmasına, SGKM miktarının ise artmasına sebebiyet vermiştir.

Makarna örneklerinin formülasyonunda UALU örneklerine yer verilmesi, GALU kullanılan makarnalara göre; örneklerin kül, yağ, protein, toplam diyet lifi ve DN içeriğinde herhangi bir olumsuzluğa neden olmamış, bununla birlikte UALU içeren makarnaların GALU içeren makarnalardan daha fazla miktarda proteine sahip olduğu belirlenmiştir. %10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu ilave edilen örneklerin birbirlerine yakın miktarda kül içerdiği görülmüştür. Makarna örneklerine lüpen ununun ilave edilmesi, makarnaların yağ, protein ve toplam diyet lifi bileşimini dikkat çekici bir şekilde zenginleştirmiştir. %10, 15 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren makarnalar, lüpen unu ilave edilmemiş makarna örneklerine göre sırasıyla %25.2, 37.7 ve 49.7 daha fazla protein içermektedir. Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği'ne göre %15 ve 20 oranlarında lüpen unu içeren makarnalar için "daha fazla protein içerir" beyanı yapılabileceği ortaya çıkmıştır. %10 ve 15 oranlarında lüpen unu ilavesi, makarna örneklerindeki fitik asit miktarının lüpen unu içermeyen örneklerin fitik asit miktarına yakın olmasını sağlarken, %20 oranında lüpen unu ilave edilerek üretilen makarnalar en düşük toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteye sahip olmuştur. Makarna bileşimindeki lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi, örneklerin *in vitro* glisemik indeks değerini 48.19'dan 39.31'e düşürmüştür.

Artan oranlarda DN ilavesi, makarna örneklerinin kül, diyet lifi ve DN miktarının yükselmesini sağlarken, protein miktarının azalmasına neden olmuş, örneklerin yağ miktarı ise DN ilavesinden etkilenmemiştir. %10 DN içeren makarna örneklerinin, DN ihtiva etmeyen makarna örneklerinden 2 kat daha fazla toplam diyet lifi ve 14 kat daha fazla DN miktarına sahip olması dikkat çekici bulunmuştur. Kullanılan DN'nin yüksek saflıkta olmasının, bu sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. En düşük fitik

asit içeriği %10 DN bulunan makarnalarda elde edilirken, artan DN miktarı makarna örneklerinin toplam fenolik madde içeriğini azaltmıştır. Makarna örneklerinin antioksidan aktivitesi DN ilavesinden etkilenmemekle birlikte, ilave edilen DN oranı arttıkça makarnaların *in vitro* glisemik indeks değeri de azalmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, DN'nin geleneksel diyet liflerine iyi bir alternatif olacağı belirlenmiştir.

GALU ve UALU ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin birbirlerine yakın Ca, Cu, K, Mg, Fe ve Zn miktarlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, UALU kullanılan makarnaların daha yüksek miktarda P ve Mn içerdiği görülmüştür. Lüpen unu içermeyen makarna örnekleri ile karşılaştırıldığında, %20 oranında lüpen unu kullanımının makarna örneklerinin Ca, P, Cu, Fe, Mn ve Zn içeriğinde sırasıyla 2.1, 1.2, 1.3, 1.1, 13.7 ve 1.3 katlık artışlar sağladığı ortaya koyulmuştur.

DN ilave edilerek üretilen makarnalar ile DN içermeyen makarna örnekleri arasında Ca, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarı açısından önemli ($p>0.05$) bir fark oluşmaması, DN'nin yeni ürün formülasyonlarının geliştirilmesinde kullanılabilecek etkili bir bileşen olduğunu göstermiştir. Ayrıca, %10 DN ihtiva eden makarna örneklerinin DN kullanılmadan üretilen makarnalardan daha yüksek oranda P içerdiği belirlenmiştir.

Makarna örneklerinde yapılan duyusal değerlendirmede, %10 ve 15 lüpen unu ve DN (%5 ve 10) ilavesinin makarnaların rengini olumlu etkilediği; tat, koku ve görünüş özelliklerinin buğday irmiği makarnasına yakın olmasını sağladığı görülmüştür. Formülasyonda %10'un üzerinde lüpen unu kullanımı, pişmiş makarnaların yapışkanlığını artırmıştır. %10 lüpen unu ve DN içeren örnekler ile %15 lüpen unu + %5 DN bulunan örnekler, buğday irmiği makarnasına yakın genel beğeni puanları almış ve bunları %15 lüpen unu + %10 DN içeren makarna örnekleri takip etmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında üretilen makarna örnekleri arasında, teknolojik kalite açısından en ümitvar bulunan örnek, "%15 lüpen unu + %10 DN" ihtiva eden makarna olmuştur. Bir sonraki aşamada, bu makarna formülasyonuna vital gluten, transglutaminaz ve vital gluten + transglutaminaz katkılamaları yapılmış, üretilen katkılı makarna örneklerine ait renk ve fiziksel analiz sonuçları kontrol (%100 buğday irmiği) makarna örneği ile karşılaştırılmıştır.

Lüpen unu çeşidi (GALU ve UALU), katkılı makarna örneklerinin L^*, a^* ve b^* değerleri üzerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmamıştır. Vital gluten + transglutaminaz kombinasyonu, makarna örneğinin L^* değerinin kontrol makarnasına yakın olmasını sağlarken, katkı çeşitleri "%15 lüpen unu + %10 DN" içeren makarnanın a^* değeri üzerinde önemli ($p>0.05$) bir değişiklik oluşturmamıştır. Transglutaminaz ile

vital gluten + transglutaminaz kombinasyonunu içeren makarna örneklerinin, kontrolden daha yüksek *b** değerine sahip olduğu bulunmuştur.

GALU kullanılarak üretilen makarnalar ile UALU içeren makarnaların ağırlık artışı ve SGKM miktarı değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Ancak UALU kullanımı, makarna örrneklerinin hacim artışı ve sıkılık değerlerinin GALU içeren örneklere göre daha düşük olmasına neden olmuştur. "%15 lüpen unu + %10 DN" ile hazırlanan makarnalarda katkı maddeleri kullanımı, makarnaların ağırlık artışı, hacim artışı, SGKM miktarı ve sıkılık özelliklerinin iyileşmesini sağlamıştır. Katkı maddeleri arasında, vital gluten katkısının kontrole yakın ağırlık artışı ve SGKM miktarı sonuçları sağladığı görülmüştür.

Makarna örneklerinde yapılan duyusal analizlere göre, katkı maddelerinin makarna örneklerinin renk, tat ve koku özelliklerinde herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadan, görünüş ve yapışkanlık özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir. Katkılı makarna örneklerinin genel beğeni sıralaması %100 buğday irmiği, vital gluten, vital gluten + transglutaminaz > transglutaminaz, %15 lüpen unu + %10 DN şeklinde olmuştur.

Çalışmanın üçüncü aşamasında üretilen bir diğer ürün olan ekmek örneklerine ait kabuk ve iç *L**, *a** ve *b** değerleri üzerinde, lüpen unu çeşidinin (GALU ve UALU) anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı görülmüştür. Lüpen unu içermeyen ekmek örnekleri ile karşılaştırıldığında, formülasyonda lüpen ununa yer verilmesi ile ekmek örneklerine ait kabuk *L** ve *b** değerlerinin arttığı, *a** değerinin ise azaldığı bulunmuştur. Lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile birlikte; ekmek içi *L** değeri azalmış, iç *a** ve *b** değerlerinde ise artış elde edilmiştir. Ekmek üretiminde DN kullanımı ise; DN ihtiva etmeyen örneklere göre kabuk *L** değerinin artmasını sağlarken, kabuk *a** ve *b** değerlerini düşürmüştür. Ekmek içi *L** değeri, ekmek üretiminde DN kullanımı ile azalmış, ancak iç *a** ve *b** değerlerinin DN ilavesinden etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Lüpen unu çeşidi olarak UALU ile hazırlanan ekmek örneklerinin ağırlıkları, GALU içeren örneklere göre daha düşük bulunurken; hacim ve spesifik hacim değerlerinin GALU ilave edilerek üretilen ekmeklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. UALU örneklerine uygulanan ultrasonun hidroperoksitlerin oluşumuna sebep olması, UALU içeren ekmeklerde hamur oksidasyonuna neden olarak gluten ağı gelişimini iyileştirdiği ve ekmek hacmini artırdığı düşünülmektedir.

Ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranının artması; ağırlık değerlerini lüpen unu içermeyen örneklere göre artırmış, hacim ve spesifik hacim değerlerinin ise

azalmasına neden olmuştur. Lüpen unu ilavesi ile gluten miktarında oluşan seyrelmenin, gluten ağı gelişimini olumsuz etkilediği ve gaz tutma kapasitesini azaltarak ekmek örneklerinin hacim ve spesifik hacim değerlerinin azalmasında etkili olduğu tahmin edilmektedir.

DN (%5 ve 10) ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin ağırlığı, DN içermeyen ekmeklerin ağırlığından daha yüksek bulunmuştur. DN'nin yüksek oranda lif içermesi su absorbsiyon kapasitesinin artmasını sağlayarak, artan ekmek ağırlığı üzerinde etkili olmuş olabilir. Ekmek üretiminde %5 oranında DN kullanımı, DN içermeyen ekmek örneklerine yakın hacim ve spesifik hacim değerleri sağlamıştır. %10 DN ilavesi ise hacim ve spesifik hacim değerlerinin azalmasına neden olmuştur.

Ekmek örneklerinin formülasyonunda lüpen unu çeşidi olarak UALU kullanımı, örneklerin 1. ve 3. günlerde ölçülen sıkılık, sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin GALU ilave edilerek hazırlanan ekmeklere göre daha düşük olmasını sağlamıştır. UALU ihtiva eden ekmeklerin hacminin GALU içeren ekmeklere göre daha yüksek olmasının, örneklerin sıkılık, sertlik ve çiğnenebilirlik özellikleri üzerinde olumlu etki gösterdiği düşünülmektedir. Ekmek örneklerine ait 1. ve 3. gün elastikiyet, koheziflik ve esneklik değerleri ise lüpen unu çeşidinden önemli ($p>0.05$) düzeyde etkilenmemiştir.

Lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile ekmek örneklerine ait 1. ve 3. gün sıkılık, sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri de artış göstermiştir. Lüpen unu kullanımı ile ekmeklerin 1. ve 3. gün elastikiyet değerinde azalma belirlenirken, lüpen unu kullanım oranının bu sonuç üzerinde etkili olmadığı ve bütün kullanım oranlarında (%10, 15 ve 20) birbirine yakın değerler elde edildiği görülmüştür. Lüpen unu ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik ve esneklik değerleri, lüpen unu ihtiva etmeyen örneklere göre daha düşük bulunurken, 3. gün yapılan ölçümlerde örnekler arasında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ekmek örneklerine ait 1. gün sıkılık, sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri, formülasyona ilave edilen DN oranının artması ile yükselmiştir. %5 oranında DN kullanımı, örneklerin 3. gün sıkılık ve sertlik değerlerinin DN ilave edilmeden hazırlanan ekmek örneklerinin aynı değerlerine yakın olmasını sağlamıştır. Bunun yanında, en düşük 3. gün çiğnenebilirlik değeri %5 oranında DN kullanımı ile elde edilmiştir. Bu sonuçlar ekmek üretiminde %5 oranında DN kullanımının, bayatlama üzerinde DN içermeyen örneklere göre olumsuz bir etki göstermediğini ortaya koymuştur. 1. ve 3. günlerde ölçülen elastikiyet ve esneklik değerleri üzerinde, DN kullanım oranının etkisi önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Ekmek örneklerine ait 1. gün koheziflik değerleri arasında

istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir fark olmadığı belirlenirken, %10 oranında DN kullanılarak elde edilen ekmeklerin 3. gün koheziflik değeri, %0 ve 5 DN içeren ekmeklere göre daha düşük bulunmuştur.

GALU ve UALU ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin kül, yağ, toplam diyet lifi, DN, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Bunun yanında, UALU ihtiva eden örneklerin GALU kullanılarak üretilen ekmeklere göre daha yüksek protein ve daha düşük fitik asit içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ekmek üretiminde UALU kullanımının örneklerin kimyasal bileşimi açısından GALU örneklerine göre herhangi bir olumsuzluğa neden olmamakla birlikte, protein ve fitik asit içeriği açısından bir avantaj sağladığını göstermiştir.

Ekmek örneklerine lüpen unu ilave edilmesi, lüpen unu içermeyen örneklere göre kül miktarının artmasını sağlarken, %15 ve 20 oranında lüpen unu ihtiva eden ekmeklerin kül miktarı birbirine yakın bulunmuştur. Formülasyona ilave edilen lüpen unu oranının artması ile birlikte, ekmek örneklerinin yağ içeriğinin de zenginleştiği gözlenmiştir. Lüpen unu oranının %0'dan %20'ye artması, ekmek örneklerine ait protein miktarını %12.07'den %17.82'ye yükseltmiş; %20 oranında lüpen unu kullanımı ile lüpen unu içermeyen ekmek örneklerinin toplam diyet lifi bileşiminde %148'lik bir artış sağlanmıştır. Bu sonuçlar, bu çalışmada geliştirilen protein ve lifçe zengin ekmeklerin az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çocuklar için hazırlanan özel beslenme programlarında yer alabileceğini göstermiştir. Ekmek örneklerinin DN miktarında, lüpen unu ilavesi ile önemli ($p>0.05$) bir değişiklik meydana gelmemiştir. Ekmek üretiminde kullanılan lüpen unu oranındaki artışla birlikte örneklerin fitik asit miktarı artarken; toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve *in vitro* glisemik indeks değerlerinde azalma olduğu gözlenmiştir.

Farklı oranlarda (%0, 5 ve 10) DN kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerine ait kül miktarı, kullanılan DN oranındaki artışla birlikte yükselmiştir. Ekmek örneklerinin yağ miktarı ise, DN kullanımından etkilenmemiş ve örneklerin birbirine yakın oranda yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. DN kullanılmadan üretilen ekmek örnekleri ile karşılaştırıldığında; %10 DN ilavesi ekmek örneklerinin protein içeriğini %15.93'ten %14.76'ya düşürürken, toplam diyet lifi miktarında yaklaşık 2 kat artış sağlayarak %8.64'ten %16.91'e yükseltmiştir. Nihai ürün olan ekmekte lif oranının renksiz ve tatsız olan DN ile yükseltilmesi, tüketicilerin lif alımını artırmaları için farklı bir yol olarak ortaya çıkmaktadır. Örneklerin DN miktarı, formülasyona ilave edilen DN miktarı ile

artmış; %0 DN içeren ekmekte %1.08 olan DN içeriği, %10 DN ihtiva eden ekmekte %9.70 olarak bulunmuştur. DN ilave edilmeden üretilen örneklerle karşılaştırıldığında, ekmek örneklerinin fitik asit, toplam fenolik madde ve *in vitro* glisemik indeks değerlerinin DN kullanımı ile azaldığı belirlenmiş, antioksidan aktivitede ise istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir değişiklik gözlenmemiştir.

Lüpen unu çeşidi olarak UALU içeren ekmek örneklerine ait Ca, K, Mg, P, Cu, Fe ve Zn miktarı, GALU ilave edilerek üretilen ekmek örneklerine yakın bulunmuş, ancak Mn içeriğinin UALU ile üretilen ekmeklerde daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Lüpen ununun mineral madde açısından zengin bir bileşime sahip olması, lüpen unu ilave edilerek üretilen ekmeklerin mineral miktarının lüpen unu içermeyen örneklere göre dikkat çekici bir şekilde artmasını sağlamıştır. Ekmek örneklerinin üretiminde kullanılan lüpen unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile Ca, Mg, P, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarında sırasıyla 2.0, 1.1, 1.3, 1.4, 1.2, 21.9 ve 1.7 katlık artış elde edilmiştir.

Ekmek formülasyonunda yüksek saflıkta DN'ye yer verilmesi, DN ihtiva etmeyen ekmek örneklerine yakın Ca, Cu, Fe, Mn ve Zn içeriği sağlamış, DN'nin ekmek ve diğer fırıncılık ürünlerinin üretiminde kullanım potansiyelini ortaya koymuştur. Bunun yanında; ekmek örneklerine ilave edilen DN oranındaki artışla birlikte örneklerin K ve Mg miktarının DN içermeyen örneklere göre azaldığı, P miktarının ise arttığı görülmüştür.

Ekmek örnekleri üzerinde yapılan duyusal değerlendirmede, hem GALU hem de UALU ihtiva eden ekmek örneklerinde %10 lüpen unu ve DN (%5 ve 10) kullanımının %100 buğday unu ekmeğine yakın tat, koku ve simetri puanları sağladığı belirlenmiştir. En düşük görünüş ve gözenek yapısı puanları, %20 lüpen unu ve DN (%5 ve 10) ilave edilerek üretilen ekmek örneklerinde elde edilmiştir. "%10 GALU + %5 DN" içeren örnek ile %10 UALU ve DN (%5 ve 10) formülasyonuna sahip ekmeklere ait genel beğeni puanı, %100 buğday unu ekmeğine yakın bulunmuş, bunları "%10 GALU + %10 DN" ve "%15 lüpen unu + %5 DN" ihtiva eden ekmek örnekleri takip etmiştir.

Ekmek örnekleri arasında teknolojik kalite açısından en ümitvar bulunan örnek, "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna sahip ekmek olarak belirlenmiştir. Sonraki aşamada "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılamaları yapılmış, elde edilen ekmek örneklerine ait analiz sonuçları %100 buğday unu ekmeği (kontrol) ile karşılaştırılarak aşağıda özetlenmiştir.

Çeşitli katkı maddeleri kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin kabuk ve iç L^*, a^* ve b^* değerleri üzerinde, lüpen unu çeşidinin (GALU ve UALU) önemli ($p>0.05$) bir

etki oluşturmadığı görülmüştür. Ekmek üretiminde kullanılan katkı çeşitleri, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin kabuk L^* ve b^* değerleri üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmamış, vital gluten ve vital gluten + SSL katkılarının kabuk a^* değerinde katkısız örneğe göre artış sağladığı belirlenmiştir. Katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" formülasyonuna sahip ekmek örneği ile bu formülasyona vital gluten, SSL ve vital gluten + SSL katkılarının eklenmesi ile üretilen ekmek örneklerine ait iç L^* ve a^* değerlerinin aynı grupta yer aldığı bulunmuştur. SSL katkılı ekmeğin iç b^* değeri, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin iç b^* değerine yakın bulunurken, vital gluten ve vital gluten + SSL katkıları ile üretilen ekmeklerin daha düşük iç b^* değerine sahip olduğu gözlenmiştir.

UALU ilave edilerek elde edilen ekmek örneklerinin ağırlık değeri GALU içeren ekmeklere göre daha düşük bulunmuş, hacim ve spesifik hacim değerlerinin ise daha yüksek olduğu görülmüştür. Kullanılan bütün katkı maddelerinin, katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeğinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerinin iyileştirilmesinde başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. %100 buğday unu ekmeğinden sonra, en düşük ağırlık ve en yüksek hacim değerleri vital gluten + SSL katkısı ile üretilen örneklerde elde edilmiştir. Vital gluten ve vital gluten + SSL katkılı ekmeklerin spesifik hacim değerleri birbirine yakın bulunurken, %100 buğday unu ekmeğinin spesifik hacminden daha düşük olduğu görülmüştür.

UALU ihtiva eden ekmek örneklerine ait 1. ve 3. gün sıkılık ve sertlik değerleri ile 1. gün çiğnenebilirlik değeri, GALU kullanılarak üretilen ekmeklere göre daha düşük bulunmuştur. Ancak, örneklerin 1. ve 3. gün elastikiyet, koheziflik ve esneklik değerleri ile 3. gün çiğnenebilirlik değerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Ekmek örneklerine ait en yüksek 1. ve 3. gün sıkılık, sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" örneğinde elde edilmiş, bu değerleri en fazla düşüren katkı maddeleri sırasıyla vital gluten + SSL > vital gluten > SSL olarak bulunmuştur. Katkı maddelerinin bulunduğu ekmeklerin 1. ve 3. gün elastikiyet, koheziflik ve esneklik değerlerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşmadığı ve katkısız "%10 lüpen unu + %10 DN" ekmeği ile aynı grupta yer aldıkları görülmüştür.

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örneklerinde yapılan duyusal değerlendirmeye göre, ekmek üretiminde kullanılan her üç katkı çeşidinin de tat, koku ve simetri değerlerinin katkısız ekmek örnekleri ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Ekmek formülasyonuna "%10 lüpen unu + %10 DN" ilave edilmesi ile görünüş ve gözenek yapısı değerlerinde kontrole göre azalma olduğu belirlenirken, bütün katkı

maddeleri kontrole yakın değerler sağlamıştır. Genel beğeni puanları açısından yapılan değerlendirmede; GALU içeren katkılı ekmek örneklerinin aynı grupta yer aldığı ve kontrole yakın olduğu, UALU içeren ekmek örnekleri için ise sıralamanın %100 buğday unu, vital gluten + SSL, vital gluten > SSL, %10 UALU + %10 DN şeklinde olduğu görülmüştür.

5.2 Öneriler

1. Endüstriyel olarak lüpenin acılığının giderilmesinde ultrason kullanımı; geleneksel yönteme göre daha hızlı, daha ekonomik ve daha çevreci bir üretim imkanı sağlayacaktır.

2. Bu çalışmada geliştirilen uzun raf ömrüne sahip lüpen ununun, birçok gıda formülasyonunun özellikle protein ve lifçe zenginleştirilmesinde ve glisemik indeksi düşürülmüş ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Raf ömrü uzun lüpen unu, GDO şüphesi nedeniyle kullanımından imtina edinilen soya ununa karşı iyi bir seçenek olacaktır.

3. Ülkemizde sadece belli bölgelerde çerez olarak tüketilen ve birçok şehirde satışa sunulmayan lüpenin, yaygın ticari bir ürüne dönüştürülmesi, ülkemiz ekonomisine de katkı sağlayacak ve istihdam olanağı sunacaktır.

4. Bu çalışma ile DN'nin; teknolojik kalite açısından kabul edilebilir makarna ve ekmek üretimine izin veren, geleneksel diyet liflerinin olumsuz etkilerini azaltıcı etkiye sahip ve fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde tercih edilebilecek bir bileşen olduğu ortaya konmuştur. Daha sonra yapılacak çalışmalarda, DN'nin farklı hammaddeler ile kombinasyonlarının çeşitli gıda ürünlerinin kalitesi üzerine etkileri araştırılabilir.

5. Makarna ve ekmek, ülkemizde ve dünyada oldukça yaygın tüketilen gıda maddeleri arasında yer almaktadır. Bu çalışmada geliştirilen makarna ve ekmek formülasyonlarının endüstriyel üretim ortamına taşınması, piyasada satışa sunulan ürünlere besleyici değeri ve kalitesi yüksek bir alternatif olacaktır.

6. Bu araştırma, ultrason uygulamasına tabi tutulmuş lüpen ununun makarna ve ekmek kalitesi üzerine etkilerini gösteren oldukça kapsamlı bir çalışmadır. Gelecek çalışmalarda, ultrason uygulamasının lüpen ununun fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel yapısı üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenerek yeni araştırma alanları ortaya çıkarılabilir.

6. KAYNAKLAR

AACC, 1990, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 8th ed., St. Paul, MN, USA.

AACC, 2000, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.

AACC, 2001, American Association of Cereal Chemists, The definition of dietary fiber, *Cereal Foods World*, 46 (3), 112-126.

Aadil, R. M., Zeng, X. -A., Wang, M. -S., Liu, Z. -W., Han, Z., Zhang, Z. -H., Hong, J. and Jabbar, S., 2015, A potential of ultrasound on minerals, micro-organisms, phenolic compounds and colouring pigments of grapefruit juice, *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 1144-1150.

Aalami, M. and Leelavathi, K., 2008, Effect of microbial transglutaminase on spaghetti quality, *Journal of Food Science*, 73, C306-C312.

Abd El-Hady, E. A., El-Samahy, S. K. and Brümmer, J. -M., 1999, Effect of oxidants, sodium-stearoyl-2-lactylate and their mixtures on rheological and baking properties of nonprefermented frozen doughs, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 32, 446-454.

Abdel-Gawad, A. S., Rashwan, M. R. A. and Hefny, M. A. H., 2020, Wheat-legumes composite flours. 2. Nutritonal value of bread, *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 51 (1), 66-78.

Abdel-Samie, M. A. S. and Abdulla, G., 2016, Evaluation of sweet lupin seeds flour addition on pan bread qualities, *Journal of Food and Dairy Sciences Mansoura University*, 7 (2), 71-79.

Abdul-Hamid, A., Sulaiman, R. R., Osman, A. and Saari, N., 2007, Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions stabilized by microwave heating, *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (7), 627-637.

Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S. and Zeng, X., 2014, Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 93-97.

Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S., Zhang, X. and Zeng, X., 2013, Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (5), 1182-1187.

Achat, S., Tomao, V., Madani, K., Chibane, M., Elmaataoui, M., Dangles, O. and Chemat, F., 2012, Direct enrichment of olive oil in oleuropein by ultrasound-assisted maceration at laboratory and pilot plant scale, *Ultrasonics Sonochemistry*, 19 (4), 777-786.

Acquistucci, R., 2000, Influence of Maillard reaction on protein modification and colour development in pasta, comparison of different drying conditions, *LWT - Food Science and Technology,* 33, 48-52.

Aday, M. S., Temizkan, R., Büyükcan, M. B. and Caner, C., 2013, An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound, *LWT-Food Science and Technology*, 52, 93-101.

Ahmad-Qasem, M. H., Canovas, J., Barrajon-Catalan, E., Micol, V., Carcel, J. A. and Garcia-Perez, J. V., 2013, Kinetic and compositional study of phenolic extraction from olive leaves (var. Serrana) by using power ultrasound, *Innovative Food Science and Emerging Technologies,*17, 120-129.

Ahmed, A. R., 2014, Influence of chemical properties of wheat-lupine flour blends on cake quality, *American Journal of Food Science and Technology*, 2 (2), 67-75.

Ahmed, H. F., 2013, Effect of fortification pan bread with lupine flour on the chemical, rheological and ntritional properties, *Journal of Food and Dairy Sciences Mansoura University*, 4 (3), 65-75.

Aigster, A., Duncan, S. E., Conforti, F. D. and Barbeau, W. E., 2011, Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals, *LWT-Food Science and Technology,* 44 (10), 2159-2165.

Akerberg, A., Liljeberg, H. and Björck, I., 1998, Effects of amylose/amylopectin ratio and baking conditions on resistant starch formation and glycaemic indices, *Journal of Cereal Science,* 28 (1), 71-80.

Akinyele, I. O. and Akinlosotu, A., 1991, Effect of soaking, dehulling, and fermentation on the oligosaccharides and nutrients of cowpeas, *Food Chemistry,* 41, 43-53.

Akram, N., Pasha, I., Huma, N. and Asghar, M., 2017, Effect of modified cereal starches on dough and bread quality, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54 (1), 145-151.

Al Omari, D. Z. and Abdul-Hussain, S. S., 2013, Effect of lupin flour supplementation on chemical, physical and sensory properties of Mediterranean flat bread, *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 3 (4), 49-54.

Al Omari, D. Z., Abdul-Hussain, S. S. and Ajo, R. Y., 2015, Germinated lupin (*Lupinus albus*) flour improves Arabic flat bread properties, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods,* 8 (1), 57-63.

Allen, L. B., Siitonen, P. H. and Thompson Jr, H. C., 1998, Determination of copper, lead, and nickel in edible oils by plasma and furnace atomic spectroscopies, *Journal of the American Oil Chemists' Society,* 75 (4), 477-481.

Al-Tamimi, E. K., 2007, Effect of resistant starch type 4 on glycemia and insulin sensitivity in young adults, Ph.D Dissertation, *Kansas State University Department of Human Nutrition*, Kansas.

Altuna, L., Ribotta, P. D. and Tadini, C. C., 2015, Effect of a combination of enzymes on dough rheology and physical and sensory properties of bread enriched with resistant starch, *LWT - Food Science and Technology*, 64, 867-873.

Alves, R. M., Ito, D., De Carvalho, J. L. V., de Melo, W. F. and Godoy, R. D. O., 2012, Stability of biofortified sweet potato flour, in: Embrapa Agroindustria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE), in: Iapri Symposium on Packaging, 25., Berlin.

Alviola, J. N., Jondiko, T. and Awika, J. M., 2010, Effect of cross-linked resistant starch on wheat tortilla quality, *Cereal Chemistry*, 87 (3), 221-225.

Alviola, J. N., Jondiko, T. and Awika, J. M., 2012, Effect of strong gluten flour on quality of wheat tortillas fortified with cross-linked resistant starch, *Journal of Food Processing and Preservation*, 36, 38-45.

Amarasinghe, B. M. W. P. K., Kumarasiri, M. P. M. and Gangodavilage, N. C., 2009, Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil, *Food and Bioproducts Processing*, 87 (2), 108-114.

Andersen, H. J., Bertelsen, G., Boegh-Soerensen, L., Shek, C. K. and Skibsted, L. H., 1988, Effect of light and packaging conditions on the colour stability of sliced ham, *Meat Science*, 22, 283-292.

Andrzejewska, J., Ignaczak, S. and Barzyk, P., 2016, Oil contentand fatty acid profile in seeds of Polish breeding lines and cultivars of legumes, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 15, 3-13.

Anton, A. A., Ross, K. A., Lukow, O. M., Fulcher, R. G. and Arntfield, S. D., 2008, Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas, *Food Chemistry*, 109 (1), 33-41.

Aparicio-Saguilan, A., Sayago-Ayerdi, S. G., Vargas-Torres, A., Tovar, J., Ascencio-Otero, T. E. and Bello-Perez, L. A., 2007, Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch, *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (3-4), 175-181.

Aravind, N., Sissons, M., Egan, N. and Fellows, C., 2012, Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti, *Food Chemistry*, 130, 299-309.

Aravind, N., Sissons, M., Fellows, C. M., Blazek, J. and Gilbert, E. P., 2013, Optimisation of resistant starch II and III levels in durum wheat pasta to reduce *in vitro* digestibility while maintaining processing and sensory characteristics, *Food Chemistry*, 136, 1100-1109.

Arıbaş, M., Kahraman, K. and Köksel, H., 2020a, Effects of resistant starch type 4 supplementation of bread on *in vitro* glycemic index value, bile acid-binding capacity, and mineral bioavailability, *Cereal Chemistry*, 97 (2), 163-171.

Arıbaş, M., Kahraman, K. and Köksel, H., 2020b, *In vitro* glycemic index, bile acid binding capacity and mineral bioavailability of spaghetti supplemented with resistant starch type 4 and wheat bran, *Journal of Functional Foods*, 65, 103778.

Arimi, J. M., Duggan, E., O'Riordan, E. D., O'Sullivan, M. and Lyng, J. G., 2008, Microwave expansion of imitation cheese containing resistant starch, *Journal of Food Engineering*, 88, 254-262.

Armero, E. and Collar, C., 1996, Antistaling additive effects on fresh wheat bread quality, *Food Science and Technology International*, 2, 323-333.

Arnoldi, A. and Greco S., 2011, Nutritional and nutraceutical characteristics of lupin protein, *Nutra Foods*, 10, 23-29.

Arnoldi, A., 2005, The healthy-profood project: Overview and main inputs, *Grain Legumes*, 43, 14.

Arp, C. G., Correa, M. J. and Ferrero, C., 2018a, High-amylose resistant starch as a functional ingredient in breads: A technological and microstructural approach, *Food and Bioprocess Technology*, 11, 2182-2193.

Arp, C. G., Correa, M. J. and Ferrero, C., 2018b, Rheological and microstructural characterization of wheat dough formulated with high levels of resistant starch, *Food and Bioprocess Technology*, 11 (6), 1149-1163.

Ashokkumar, M., 2015, Applications of ultrasound in food and bioprocessing, *Ultrasonics Sonochemistry*, 25, 17-23.

Aslanpay, K. C., 2019, Investigation of the use of resistant starch in the production of gluten-free biscuits, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Gaziantep.

Asp, N. G. and Bjorck, I., 1992, Resistant starch, *Trends in Food Science and Technology*, 3, 111-114.

Atalay, M. H., 2009, Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) öğütme ürünlerinin ekmek üretiminde kullanılma imkanları, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya.

Austin, S., Lojkowska, E., Ehlenfeldt, M. K., Kelman, J. P. and Helgeson, J. P., 1988, Fertile interspecific somatic hybrids of Solanum: A novel source of resistance to Erwinia soft rot, *Phytopathology*, 78, 1216-1220.

Awad-Allah, M. A. A. and Elkatry, H., 2013, Effect of debittering process on characterization of Egyptian lupine seeds oil (*Lupinus albus*), *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7 (2), 728-734.

Ayim, I., Ma, H., Alenyorege, E. A., Ali, Z. and Donkor, P. O., 2018, Influence of ultrasound pretreatment on enzymolysis kinetics and thermodynamics of sodium

hydroxide extracted proteins from tea residue, *Journal of Food Science and Technology*, 55 (3),1037-1046.

Bae, C. -H., Park, G. -H., Kang, W. -W. and Park, H. -D., 2013, Quality characteristics of cookies added with RS4 type resistant corn starch, *The Korean Society of Food Preservation*, 20 (4), 539-545.

Bahr, M., Fechner, A., Hasenkopf, K., Mittermaier, S. and Jahreis, G., 2014, Chemical composition of dehulled seeds of selected lupin cultivars in comparison to pea and soya bean, *LWT - Food Science and Technology*, 59, 587-590.

Baiano, A., Lamacchia, C., Fares, C., Terracone, C. and La Notte, E., 2011, Cooking behaviour and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour, *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1226-1232.

Baixauli, R., Salvador, A., Martinez-Cervera, S. and Fiszman, S. M., 2008, Distinctive sensory features introduced by resistant starch in baked products, *Food Science and Technology*, 41, 1927-1933.

Barros, J. H. T., Telis, V. R. N., Taboga, S. and Franco, C. M. L., 2018, Resistant starch: Effect on rheology, quality, and staling rate of white wheat bread, *Journal of Food Science and Technology*, 55 (11), 4578-4588.

Bartkiene, E., Juodeikiene, G., Vidmantiene, D., Viskelis, P. and Urbonaviciene, D., 2011, Nutritional and quality aspects of wheat sourdough bread using *L. luteus* and *L. angustifolius* flours fermented by *Pedioccocus acidilactici*, *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 1724-1733.

Başman, A., Köksel, H. and Atlı, A., 2006, Effects of increasing levels of transglutaminase on cooking quality of bran supplemented spaghetti, *European Food Research and Technology*, 223, 547-551.

Batu, A., Karagöz, D. D., Kaya, C. ve Yıldız, M., 2007, Dut ve harnup pekmezlerinin depolanması süresince bazı kalite değerlerinde oluşan değişmeler, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 7-16.

Bau, H. M., Villaume, C., Nicolas, J. P. and Mejean, L., 1997, Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and anti-nutritional factors of soybean (*Glycine max*) seeds, *Journal of Food Science and Agriculture*, 73 (1), 1-9.

Baumgartner, B., 2018, Mikrofludizasyon ve mekanik öğütme uygulanmış bulgur ve nohut kepeğinin ekmeğin fonksiyonel özellikleri ve kalitesi üzerine etkisi, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Bayrakçı, H. and Bilgiçli, N., 2015, Influence of resistant starches on chemical and functional properties of tarhana, *Journal of Food Science and Technology*, 52 (8), 5335-5340.

Belski, R., Mori, T. A., Puddey, I. B., Sipsas, S., Woodman, R. J., Ackland, T. R., Beilin, L. J., Dove, E. R., Carlyon, N. B., Jayaseena, V. and Hodgson, J. M., 2011, Effects of lupin-enriched foods on body composition and cardiovascular disease risk factors: A 12-month randomized controlled weight loss trial, *International Journal of Obesity*, 35, 810-819.

Benedito, J., Carcel, J. A., Gonzalez, R. and Mulet, A., 2002, Application of low intensity ultrasonics to cheese manufacturing processes, *Ultrasonics,* 40, 19-23.

Benedito, J., Carcel, J. A., Rossello, C. and Mulet, A., 2001, Composition assessment of raw meat mixtures using ultrasonics, *Meat Science*, 57, 365-370.

Bergman, C. J., Gualberto, D. G. and Weber, C. W., 1994, Development of a high-temperature-dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp): cooking quality, color and sensory evaluation, *Cereal Chemistry*, 71, 523-527.

Bergonio, K. B., Lucatin, L. G. G., Corpuz, G. A., Ramos, N. C. and Duldulao, J. B. A., 2016, Improved shelf life of brown rice by heat and microwave treatment, *Journal of Microbiology, Biotehnology, and Food Sciences*, 5 (4), 378-385.

Bermudez-Aguirre, D., Mobbs, T. and Barbosa-Canovas, G. V., 2011, Ultrasound applications in food processing, in: H. Feng, G. V. Barbosa-Canovas and J. Weiss (Eds.), Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing, Springer, New York, USA, pp. 65-105.

Bermudez-Brito, M., Plaza-Diaz, J., Munoz-Quezada, S., Gomez-Llorente, C. and Gil, A., 2012, Probiotic mechanisms of action, *Annals of Nutrition and Metabolism*, 61, 160-174.

Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E. and Sapirstein, H. D., 2005, Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions, *Cereal Chemistry*, 82, 390-393.

Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B. C., Min-Tze, L. and Karim, A. A., 2011, Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18 (6), 1295-1300.

Bi, X., Hemar, Y., Balaban, M. O. and Liao, X., 2015, The effect of ultrasound on particle size, color, viscosity and polyphenol oxidase activity of diluted avocado puree, *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 567-575.

Biglia, A., Comba, L., Fabrizio, E., Gay, P. and Ricauda Aimonino, D., 2017, Steam batch thermal processes in unsteady state conditions: Modelling and application to a case study in the food industry, *Applied Thermal Engineering*, 118, 638-651.

Bilgiçli, N. and İbanoğlu, Ş., 2015, Effect of milled lupin products and transglutaminase on some properties of noodle, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 7 (2), 89-95.

Bilgiçli, N. and Levent, H., 2013, Improvement of nutritional properties of cake with wheat germ and resistant starch, *Journal of Food and Nutrition Research*, 52 (4), 210-218.

Bilgiçli, N. and Levent, H., 2014, Utilization of lupin (*Lupinus albus* L.) flour and bran with xylanase enzyme in cookie production, *Legume Research*, 37 (3), 264-271.

Bilgiçli, N., 2014, Effect of pseudocereal flours on some chemical properties and phytic acid content of noodle, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6 (2), 175-181.

Bilgiçli, N., Aktaş, K. and Levent, H., 2014, Utilization of citrus albedo in tarhana production, *Journal of Food and Nutrition Research*, 53 (2), 162-170.

Bilgiçli, N., Demir, M. K. and Yılmaz, C., 2014, Influence of some additives on dough and bread properties of a wheat-lupin flour blend, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6 (2), 167-173.

Bilgiçli, N., Demir, M. K., Ertaş, N. and Herken, E. N., 2010, Effects of gluten and emulsifier on some properties of erişte prepared with legume flours, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62, 63-70.

Birkett, A. M., Mathers, J. C., Jones, G. P., Walker, K. Z., Roth, M. J. and Muir, J. G., 2000, Changes to the quality and processing of starchy foods in a Western diet can increase polysaccharides escaping digestion and improve *in vitro* fermentation variables, *British Journal of Nutrition*, 84, 63-72.

Borek, S., Kubala, S., Kubala S. and Ratajczak, L., 2011, Comparative study of storage compound breakdown in germination seeds of three lupin species, *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1953-1968.

Borla, O. P., Motta, E. L., Saiz, A. I. and Fritz, R., 2004, Quality parameters and baking performance of commercial gluten flours, *LWT - Food Science and Technology*, 37, 723-729.

Boschin, G., D'Agostina, A., Annicchiarico and Arnoldi, A., 2008, Effect of genotype and environment on fatty acid composition of *Lupinus albus* L. seed, *Food Chemistry*, 108, 600-606.

Both, S., Chemat, F. and Strube, J., 2014, Extraction of polyphenols from black tea-conventional and ultrasound assisted extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21 (3), 1030-1034.

Boukid, F., Folloni, S., Ranieri, R. and Vittadini, E., 2018, A compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications, *Trends in Food Science and Technology*, 78, 120-133.

Boz, H. and Karaoğlu, M. M., 2013, Improving the quality of whole wheat bread by using various plant origin materials, *Czech Journal of Food Sciences*, 31, 457-466.

Boz, H., 2008, Farklı doğal bitkisel katkıların organik ekmek üretiminde kullanılması ve kalite üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Erzurum.

Brennan, C. S. and Kuri, V., 2006, Dietary fibre enrichment: Effect on food microstructure, nutrition and quality, Blackwell Science, Hoboken.

Brennan, C. S. and Tudorica, C. M., 2007, Fresh pasta quality as affected by enrichment of nonstarch polysaccharides, *Journal of Food Science*, 72 (9), S659-S665.

Brennan, C. S. and Tudorica, C. M., 2008, Evaluation of potential mechanisms by which dietary fibre additions reduce the predicted glycaemic index of fresh pastas, *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2151-2162.

Brennan, C. S., Blake, D. E., Ellis, P. R. and Schofield, J. D., 1996, Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the *in vitro* and *in vivo* digestibility of starch in bread, *Journal of Cereal Science*, 24 (2), 151-160.

Britton, G., 2008, Functions of intact carotenoids, in: G. Britton, S. Liaaen-Jensen and H. Pfander (Eds.), Carotenoids, Basel: Birkhauser, pp. 189-212.

Brown, I. L., McNaught, K. J., Ganly, R. N., Conway, P. L., Evans, A. J., Topping, D. L. and Wang, X., 1996, Probiotic compositions, International Patent WO 96/ 08261/ A1. Issued Mar 21.

Buransompob, A., Tang, J., Mao, R. and Swanson, B. G., 2003, Rancidity of walnuts and almonds affected by short time heat treatments for insect control, *Journal of Food Processing and Preservation*, 27 (6), 445-464.

Burke, V., Hodgson, J. M., Beilin, L. J., Giangiulioi, N., Rogers, P., and Puddey, I. B., 2001, Dietary protein and soluble fiber reduce ambulatory blood pressure in treated hypertensives, *Hypertension*, 38 (4), 821-826.

Bustos, M. C., Perez, G. T. and Leon, A. E., 2011a, Effect of four types of dietary fiber on the technological quality of pasta, *Food Science and Technology International*, 17 (3), 213-219.

Bustos, M. C., Perez, G. T. and Leon, A. E., 2011b, Sensory and nutritional attributes of fibre-enriched pasta, *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1429-1434.

Butt, M. S., Nasir, M., Akhtar, S. and Sharif, K., 2004, Effect of moisture and packaging on the shelf life of wheat flour, *Internet Journal of Food Safety*, 4, 1-6.

Byanju, B., Rahman, M. M., Hojilla-Evangelista, M. and Lamsal, B. P., 2020, Effect of high-power sonication pretreatment on extraction and some physicochemical properties of proteins from chickpea, kidney bean, and soybean, *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 712-721.

Canay, F. Ü., 2018, Durum buğdayı çeşitlerinin fitik asit miktarları, makarnaya işleme sırasındaki değişiklikler ve fitik asitin azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Candal, C. and Erbaş, M., 2019, The effects of different processes on enzyme resistant starch content and glycemic index value of wheat flour and using this flour in biscuit production, *Journal of Food Science and Technology*, 56 (9), 4110-4120.

Candal, C., 2016, Unun enzime dirençli nişasta içeriğinin zenginleştirilmesi ve bu unun bir diyet lif kaynağı olarak bisküvi üretiminde kullanım imkanlarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.

Canizares-Macias, M. P., Garcia-Mesa, J. A. and de Castro, M. L., 2004, Fast ultrasound-assisted method for the determination of the oxidative stability of virgin olive oil, *Analytica Chimica Acta*, 502 (2), 161-166.

Carbas, B., Salinas, M. V., Puppo, M. C. and Brites, C., 2015, Influence of Misak lupine (*Lupinus albus* L.) flour on dough rheology and texture of bread, *10th AISTEC Conference Grains for Feeding The World*, 1-3 July, Milano.

Carcel, J., Benedito, J., Rossello, C. and Mulet, A., 2007, Influence of ultrasound intensity on mass transfer in apple immersed in a sucrose solution, *Journal of Food Engineering*, 78, 472-479.

Carvajal-Larenas, F. E., Koziol, M., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R. and von Boekel, M. A. J. S., 2015, Consumer liking, purchase intent, and willingness to pay for *Lupinus mutabilis* sweet in relation to debittering treatments, *Food Quality and Preference*, 40, 221-229.

Carvajal-Larenas, F. E., Nout, M. J. R., van Boekel, M. A. J. S., Koziol, M. and Linnemann, A. R., 2013, Modelling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* sweet, *LWT - Food Science and Technology*, 53, 507-516.

Cauvain, S. P. and Young, L., 1998, Technology of Bread Making. New Zealand: Blackie Academic and Professional, pp. 46, 248, 251, 336.

Ceylan, H., 2020, Dirençli nişasta ve yer elması ununun kek üretiminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Chakraborty, J., Sarkar, J., Kumar, R. and Madras, G., 2004, Ultrasonic degradation of polybutadiene and isotactic polypropylene, *Polymer Degradation and Stability*, 85 (1), 555-558.

Champ, M., Langkilde, A. M. and Brovns, F., 2003, Advances in dietary fiber characterization 1. Definition of dietary fiber, physiological relevance, health benefits and analytical benefits, *Nutrition Research Reviews*, 16, 71-82.

Chandrapala, J., Oliver, C., Kentish, S. and Ashokkumar, M., 2012, Ultrasonics in food processing - food quality assurance and food safety, *Trends in Food Science and Technology*, 26, 88-98.

Chandrapala, J., Zisu, B., Kentish, S. and Ashokkumar, M., 2013, Influence of ultrasound on chemically induced gelation of casein micelle systems, *Journal of Dairy Research*, 80, 138-143.

Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. and Basak, T., 2013, Microwave food processing - a review, *Food Research International*, 52 (1), 243-261.

Chemat, F., Grondin, I., Costes, P., Moutoussamy, L., Shum, C. S. A. and Smadja, J., 2004, High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil, *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 281-285.

Chemat, F., Huma, Z. and Khan, M. K., 2011, Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813-835.

Chemat, F., Tomao, V. and Virot, M., 2008, Ultrasound-assisted extraction in food analysis, in: S. Ötleş (Ed.), Handbook of Food Analysis Instruments, CRC Press, London, NY, USA, pp. 85-103.

Cheng, Y., Donkor, P. O., Ren, X., Wu, J., Agyemang, K., Ayim, I. and Ma, H., 2019, Effect of ultrasound pretreatment with mono-frequency and simultaneous dual frequency on the mechanical properties and microstructure of whey protein emulsion gels, *Food Hydrocolloids*, 89, 434-442.

Chittapalo, T. and Noomhorm, A., 2009, Ultrasonic assisted alkali extraction of protein from defatted rice bran and properties of the protein concentrates, *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1843-1849.

Chizoba Ekezie, F. -G., Sun, D. -W., Han, Z. and Cheng, J. -H., 2017, Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent, *Trends in Food Science and Technology*, 67, 58-69.

Choi, Y. S., 2008, The effect of emulsifier on the characteristics of defatted soy flour bread, *The Korean Journal of Culinary Research*, 14 (4), 385-397.

Chuah, A. M., Lee, Y. C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L. J. and Matoba, T., 2008, Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers, *Food Chemistry*, 111 (1), 20-28.

Ciarmiello, L. F., Piccirillo, P., Gerardi, C., Piro, F., De Luca, A., D'Imperio, F., Rosito, V., Poltronieri, P. and Santino, A., 2013, Microwave irradiation for dry-roasting of hazelnuts and evaluation of microwave treatment on hazelnuts peeling and fatty acid oxidation, *Journal of Food Research*, 2 (3), 22.

Civan, M. and Kumcuoğlu, S., 2019, Green ultrasound-assisted extraction of carotenoid and capsaicinoid from the pulp of hot pepper paste based on the bio-refinery concept, *LWT - Food Science and Technology*, 113, 108320.

Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C. G. and Katina, K., 2017, Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition, *LWT - Food Science and Technology*, 82, 296-302.

Codina, G. G., Bordei, D. and Paslaru, V., 2008, The effects of different doses of gluten on rheological behaviour of dough and bread quality, *Romanian Biotechnological Letters*, 13 (6), 37-42.

Codina, G. G., Marineac, A. R. and Todosi-Sanduleac, E., 2016, The influence of lupin flour addition on bread quality, *Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering, Ştefan cel Mare University - Suceava*, 17 (3), 216-226.

Colonna, P., Barry, J. L., Cloarec, D., Bornet, F., Gouilloud, S. and Galmiche, J. P., 1990, Enzymic susceptibility of starch from pasta, *Journal of Cereal Science*, 11 (1), 59-70.

Correia, L. R., Mittal, G. S. and Basir, O. A., 2008, Ultrasonic detection of bone fragment in mechanically deboned chicken breasts, *Innovative Food Science Emerging Technology*, 9, 109-115.

Correia, P., Gonzaga, M., Batista, L., Beirao-Costa, L. and Guine, R., 2015, Development and characterization of wheat bread with lupin flour, *17th International Conference on Food and Agricultural Process Engineering*, Oct 26-27, Barcelona, 1715-1719.

Cowling, W. A., Buirchell, B. J. and Tapia, M. E., 1998, *Lupinus* spp. Promoting the conservation and use of underutilised and neglected crops, 23. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Resources (p. 105), Rome: Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.

Crapo, P. A., 1994, Dietary Management, in: C. R. Kahn and G. C. Weir (Eds.), Joslin's Diabetes Mellitus, 13 th ed., Pennsylvania: A Waverly Company.

Curet, S., Rouaud, O. and Boillereaux, L., 2014, Estimation of dielectric properties of food materials during microwave tempering and heating, *Food and Bioprocess Technology*, 7 (2), 371-384.

Curti, E., Carini, E., Tribuzio, G. and Vittadini, E., 2014, Bread staling: Effect of gluten on physico-chemical properties and molecular mobility, *LWT - Food Science and Technology*, 59, 418-425.

Çevik, A., 2016, Tarhananın besinsel zenginleştirilmesinde kinoa, karabuğday ve lüpen unlarının kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya.

Çınar, I., 2004, Carotenoid pigment loss of freeze-dried plant samples under different storage conditions, *Lebensmittel - Wissenschaft und - Technologie*, 37, 363-367.

Çınar, I., 2005, Stability studies on the enzyme extracted sweet potato carotenoproteins, *Food Chemistry*, 89, 397-401.

Çoban, D. İ., 2018, Lüpen (*Lupinus albus* L.) katkılı cips üretimi ve son ürünün kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya.

Dangsungnoen, P., Moongngarm, A. and Deeseenthum, S., 2012, Comparison of resistant starch content and survival of *Lactobacillus* spp. on four different sources of resistant starch, *International Conference on Life Science and Engineering IPCBEE*, 45, 79-83.

De Carvalho, I. M. M. S., 2005, Effects of water stress on the proximate composition and mineral contents of seeds of two lupins (*Lupinus albus* and *Lupinus mutabilis*), *Journal of Food Quality*, 28, 325-332.

De La Hera, E., Rosell, C. M. and Gomez, M., 2014, Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility, *Food Chemistry*, 151, 526-531.

Debbouz, A., Pitz, W. J., Moore, W. R. and Dappo-lonia, B. L., 1993, Effect of bleaching on durum wheat and spaghetti quality, *Cereal Chemistry*, 72, 128-131.

Delcour, J. A.,Vansteelandt, J., Hythier, M. C. and Abecassis, J., 2000, Fractionation and reconstitution experiments provide insight into the role of starch gelatinization and pasting properties in pasta quality, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3774-3778.

Demir, B. and Bilgiçli, N., 2020, Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours, *Journal of Food Science and Technology*, 57 (10), 3884-3892.

Demirekin, A., 2019, Pirinç nişastasından çeşitli yöntemler ile elde edilen enzime dirençli nişastanın karakterizasyonu ve ekmek kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.

Deng, B., Ye, L., Yin, H., Liu, Y., Hu, S. and Li, B., 2011, Determination of pseudolycorine in the bulb of lycoris radiata by capillary electrophoresis combined with online electrochemiluminescence using ultrasonic-assisted extraction, *Journal of Chromatography B*, 879, 927-932.

Dervas, G., Doxastakis, G., Hadjisavva-Zinoviadi, S. and Triantafillakos, N., 1999, Lupin flour addition to wheat flour doughs and effect on rheological properties, *Food Chemistry*, 66, 67-73.

Dexter, J. E. and Matsuo, R. R., 1978, The effect of gluten protein fractions on pasta dough rheology and spaghetti making quality, *Cereal Chemistry*, 55, 44-57.

Dexter, J. E., Dronzek, B. L. and Matsuo, R. R., 1978, Scanning electron microscopy of cooked spaghetti, *Cereal Chemistry*, 5, 23-30.

Ding, J., Hou, G. G., Dong, M., Xiong, S., Zhao, S. and Feng, H., 2018, Physicochemical properties of germinated dehulled rice flour and energy requirement in germination as affected by ultrasound treatment, *Ultrasonics Sonochemistry*, 41, 484-491.

Dizlek, H., Çimer, H. ve Altan, A., 2013, Vital buğday gluteninin ve L-askorbik asidin buğday kepekli ekmeklerin bazı nitelikleri üzerine etkileri, *Gıda*, 38 (2), 87-94.

Dodevska, M. S., Sobajic, S. S., Djordjevic, P. B., Dimitrijevic-Sreckovic, V. S., Spasojevic-Kalimanovska, V. V. and Djordjevic, B. I., 2016, Effects of total fibre or resistant starch-rich diets within lifestyle intervention in obese prediabetic adults, *European Journal of Nutrition*, 55, 127-137.

Doğan, İ. S., Yıldız, Ö. and Taşan, B., 2012, Determination of the bread-making quality of flours using an automatic bread machine, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 608-618.

Dolatowski, Z. J., Stadnik, J. and Stasiak, D., 2007, Applications of ultrasound in food Technology, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6 (3), 89-99.

Dove, E. R., Mori, T. A., Chew, G. T., Barden, A. E., Woodman, R. J., Puddey, I. B., Sipsas, S. and Hodgson, J. M., 2011, Lupin and soya reduce glycaemia acutely in type 2 diabetes, *British Journal of Nutrition*, 106, 1045-1051.

Doxastakis, G., Papageorgiou, M., Mandalou, D., Irakli, M., Papalamprou, E., D'Agostina, A., Resta, D., Boschin, G. and Arnoldi, A., 2007, Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti, *Food Chemistry*, 101, 57-64.

Doxastakis, G., Zafiriadis, I., Iraklı, M., Marlani, H. and Tananaki, C., 2002, Lupin, soy and triticale addition on wheat flour doughs and their effect on rheological properties, *Food Chemistry*, 77, 219-227.

Duan, X., Zhang, M., Mujumdar, A. S. and Wang, R., 2010, Trends in microwave assisted freeze drying of foods, *Drying Technology*, 28 (4), 444-453.

Duggan, E., Noronha, N., O'riordan, E. D. and O'sullivan, M., 2008, Effect of resistant starch on the water binding properties of imitation cheese, *Journal of Food Engineering*, 84 (1), 108-115.

Duszkiewicz-Reinhard, W., Khan, K., Dick, J. W. and Holm, Y., 1988, Shelf life stability of spaghetti fortified with legume flours and protein concentrates, *Cereal Chemistry*, 65 (4), 278-281.

Dündar, A. N., 2014, Yüksek amilozlu mısır nişastasından dirençli nişasta eldesi ve erişte üretiminde kullanımı, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodları-II), Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1021, Ankara.

El Maki, H. B., Abdel Rahaman, S. M., Idris, W. H., Hassan, A. B., Babiker, E. E. and El Tinay, A. H., 2007, Content of antinutritional factors and HCl extractability of minerals from white bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars: Influence of soaking and/or boiling, *Food Chemistry*, 100, 362-368.

Elgün, A. ve Ertugay, Z., 2002, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:335, Erzurum.

Elgün, A., Demir, M. K., Bilgiçli, N., Türker, S. ve Ertaş, N., 2012, Buğday tanesine uygulanan bazı stabilizasyon uygulamalarının, tam buğday ununun kalitatif özelliklerine ve depolama stabilitesine etkisi, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi,* 26 (1), 70-76.

Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2001, Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, Konya Ticaret Borsası Yayınları, Yayın No: 2, Konya.

Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N., Demir, M. K. ve Ertaş, N., 2009, Depolama stabilitesi, ekmekçilik kalitesi ve besin değeri daha yüksek tam buğday unu üretimi üzerine bir araştırma, Tübitak-TOVAG Proje No: 1060187, Konya.

Elgün, M. S., 2011, Buğday ununa ozon gazı uygulamasının unun ekmekçilik kalitesine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Eng, M. J. A., Mubarak, M., El-Nono, M., Owies, T. R. and Saad, A., 2012, Effect of wheat germ pretreatment on oil extraction by expelling machine, *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 29, 817-836.

Englyst, H. N., Kingman, S. M. and Cummings, J. H., 1992, Classification and measurement of nutritionally important starch fractions, *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, S33-S50.

Enneking, D. and Wink, M., 2000, Towards the elimination of anti-nutritional factors in grain legumes, in: R. Knight (Eds.) Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century, Proceedings of the 3rd International Food Legumes Research Conference, Sept 22-28, 1997, Adelaide, South Australia, Dordrecht, Springer, 671-683.

Epler, S., Chambers, E. and Kemp, K. E., 1998, Hedonic scales are a better predictor than just-about-right scales of optimal sweetness in lemonade, *Journal of Sensory Studies*, 13 (2), 191-197.

Erbaş, M., 2010, The effects of different debittering methods on the production of lupin bean snack from bitter *Lupinus albus* L. seeds, *Journal of Food Quality*, 33, 742-757.

Erbaş, M., Certel, M. and Uslu, M. K., 2005, Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.), *Food Chemistry*, 89, 341-345.

Erdemir, Z. Ş., 2015, Isıl işlem görmüş bakla ezme tozunun ekmek yapımında kullanımı ve kalite kriterleri üzerine etkisinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.

Ergun, R., 2014, Türkiye'ye özgü bazı ekmek türlerinin glisemik indeks değerlerinin saptanması, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Ertaş, N. and Bilgiçli, N., 2014, Effect of different debittering processes on mineral and phytic acid content of lupin (*Lupinus albus* L.) seeds, *Journal of Food Science and Technology*, 51 (11), 3348-3354.

Ertaş, N., 2013, Dephytinization processes of some legume seeds and cereal grains with ultrasound and microwave applications, *Legume Research*, 36 (5), 414-421.

Ertaş, N., 2015, Technological and chemical characteristics of breads made with lupin sprouts, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 7 (3), 313-319.

Ertaş, N., Bilgiçli, N., Özcan, S. and Sarı, Ş., 2014, Influence of lupin (*Lupinus albus* L.) yoghurt on mineral content and functional properties of tarhana, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6 (4), 395-401.

Ertugay, M. F. and Başlar, M., 2014, The effect of ultrasonic treatments on cloudy quality-related quality parameters in apple juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 226-231.

Etzbach, L., Pfeiffer, A., Schieber, A. and Weber, F., 2019, Effects of thermal pasteurization and ultrasound treatment on the peroxidase activity, carotenoid composition, and physicochemical properties of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) puree, *LWT - Food Science and Technology*, 100, 69-74.

Fagbemi, T. N., Oshodi, A. A. and Ipinmoroti, K. O., 2005, Processing effects on some antinutritional factors and *in vitro* multienzyme protein digestibility (IVPD) of three tropical seeds: Breadnut (*Artocarpus altilis*), cashewnut (*Anacardium occidentale*) and fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*), *Pakistan Journal of Nutrition*, 4, 250-256.

Fairchild, R. M., Ellis, P. R., Byrne, A. J., Luzio, S. D. and Mir, M. A., 1996, A new breakfast cereal containing guar gum reduces postprandial plasma glucose and insulin concentrations in normal weight subjects, *British Journal of Nutrition*, 76, 63-73.

Fakhari, A. R., Nojavan, S., Ebrahim, S. N. and Evenhuis, C. J., 2010, Optimized ultrasound-assisted extraction procedure for the analysis of opium alkaloids in papaver plants by cyclodextrin-modified capillary electrophoresis, *Journal of Separation Science*, 33, 2153-2159.

Fardet, A., Hoebler, C., Baldwin, P. M., Bouchet, B., Gallant, D. J. and Barry, J. L., 1998, Involvement of the protein network in the *in vitro* degradation of starch from spaghetti and lasagne: A microscopic and enzymic study, *Journal of Cereal Science*, 27 (2), 133-145.

Fares, C. and Menga, V., 2012, Effects of toasting on the carbohydrate profile and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour added to durum wheat pasta, *Food Chemistry*, 131, 1140-1148.

Fares, C., Platani, C., Baiano, A. and Menga, V., 2010, Effect of processing and cooking on phenolic acid profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta enriched with debranning fractions of wheat, *Food Chemistry*, 119, 1023-1029.

Fausto, F. D., Kacchi, A. I. and Mehta D., 1997, Starch products in confectionery, *Beverage and Food World Journal*, 24, 4-16.

Fawzy Ramadan, M., El-Said Showky, H. and Mohamed Sulieman, A. E. -R., 2008, Comparison between the effect of γ-irradiation and roasting on the profile and antioxidant activity of wheat germ lipids, *Grasas y Aceites*, 59 (2), 166-173.

Fechner, A., Kiehntopf, M. and Jahreis, G., 2014, The formation of short-chain fatty acids is positively associated with the blood lipid-lowering effect of lupin kernel fiber in moderately hypercholesterolemic adults, *The Journal of Nutrition*, 144, 599-607.

Fendri, L. B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Ellouz Chaabouni, S. and Ghribi-Aydi, D., 2016, Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality, *LWT - Food Science and Technology*, 73, 584-591.

Fernandez-Lopez, J., Sendra-Nadal, E., Navarro, C., Sayas, E., Viuda-Martos, M. and Alvarez, J. A. P., 2009, Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products, *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 748-756.

Fewell, A. M. and Roddick, J. G., 1993, Interactive antifungal activity of the glycoalkaloids alpha-solanine and alpha-chaconine, *Phytochemistry*, 33, 323-328.

Ficco, D. B. M., De Simone, V., De Leonardis, A. M., Giovanniello, V., Del Nobile, M. A., Padalino, L., Lecce, L., Borrelli, G. M. and De Vita, P., 2016, Use of purple durum wheat to produce naturally functional fresh and dry pasta, *Food Chemistry*, 205, 187-195.

Flores-Jimenez, N. T., Ulloa, J. A., Silvas, J. E. U., Ramirez, J. C. R., Ulloa, P. R., Rosales, P. U. B., Carrillo, Y. S. and Leyva, R. G., 2019, Effect of high-intensity ultrasound on the compositional, physicochemical, biochemical, functional and structural properties of canola (*Brassica napus* L.) protein isolate, *Food Research International*, 121, 947-956.

Foschia, M., Beraldo, P. and Peressini, D., 2017, Evaluation of the physicochemical properties of gluten-free pasta enriched with resistant starch, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 572-577.

Francis, F. J. and Clydesdale, F. M., 1975, Food Colorimetry: Theory and Applications: AVI Publishing Company Inc, Westport, USA.

Francis, F. J., 1998, Colour analysis, in: Food Analysis, S. S. Nielsen (Ed.), An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, pp. 599-612.

Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M. J., Sanchez-Zapata, E. and Perez-Alvarez, J. A., 2010, Resistant starch as functional ingredient: A review, *Food Research International*, 43, 931-942.

Gaete-Garreton, L., Vargas-Hernandez, Y., Cares-Pacheco, M. G., Sainz, J. and Alarcon, J., 2011, Ultrasonically enhanced extraction of bioactive principles from *Quillaja saponaria* Molina, *Ultrasonics*, 51 (5), 581-585.

Gamez-Meza, N., Noriega-Rodrigues, J. A., Medina-Juarez, L. A., Ortega Garcia, J., Cazarez-Casanova, R. and Angulo-Guerrero, O., 1999, Antioxidant activity in soybean oil of extracts from thompson grape bagasse, *Journal of the American Oil Chemists Society (JAOCS)*, 76, 1445-1447.

Gannon, M. C., Nuttall, F. Q., Saeed, A., Jordan, K. and Hoover, H., 2003, An increase in dietary protein improves the blood glucose response in persons with type 2 diabetes, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78 (4), 734-741.

Gao, S., Lewis, G. D., Ashokkumar, M. and Hemar, Y., 2014, Inactivation of microorganisms by low-frequency high-power ultrasound: 1. Effect of growth phase and capsule properties of the bacteria, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 446-453.

Garcia, M. C., Benassi, M. D. T. and Soares Junior, M. N., 2012, Physicochemical and sensory profile of rice bran roasted in microwave, *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 32 (4), 754-761.

Gelencser, T., Gal, V., Hodsagi, M. and Salgo, A., 2008, Evaluation of quality and digestibility characteristics of resistant starch-enriched pasta, *Food and Bioprocess Technology*, 1, 171-179.

Gerçekaslan, K. E., Kotancılar, H. G. ve Karaoğlu, M. M., 2007, Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler - I, *Gıda*, 32 (6), 305-315.

Getachew, P., 2009, Chemical composition and the effects of traditional processing on nutritional, composition of Gibto (*Lupinus albus* L.) grown in, Gojam area, MSc Thesis, *Addis Ababa University Food Science and Nutrition*, Ethiopia.

Ghazali, H. M. and Cheng, S. C., 1991, The effect of germination of the physico-chemical properties of black gram (*Vigna mungo* L.), *Food Chemistry*, 41, 99-106

Ghezlou, K., 2001, Extraction, identification and estimation of carotenoids in Australian lupin seed, MSc Thesis, *Curtin University of Technology*, Australia.

Giami, S. Y., Adindu, M. N., Akusu, M. O. and Emelike, J. N. T., 2000, Compositional, functional and storage properties of flours from raw and heat processes African breadfruit (*Treculia africana* Decne) seeds, *Plant Foods for Human Nutrition*, 55, 357-368.

Gili, R. D., Palavecino, P. M., Cecilia Penci, M., Martinez, M. L. and Ribotta, P. D., 2017, Wheat germ stabilization by infrared radiation, *Journal of Food Science and Technology*, 54 (1), 71-81.

Gill, S., Vasanthan, T., Ooraikul, B. and Rossnagel, B., 2002, Wheat bread quality as influenced by the substitution of waxy and regular barley flours in their native and extruded forms, *Journal of Cereal Science*, 36, 219-237.

Goltz, C., Avila, S., Barbieri, J. B., Igarashi-Mafra, L. and Mafra, M. R., 2018, Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Macela (*Achyrolcine satureioides*) extracts, *Industrial Crops and Products*, 115 (5), 227-234.

Gomes-Ruffi, C. R., da Cunha, R. H., Almeida, E. L., Chang, Y. K. and Steel, C. J., 2012, Effect of the emulsifier sodium stearoyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage, *LWT - Food Science and Technology*, 49, 96-101.

Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V. and Fernandez, E., 2008, Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends, *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1701-1709.

Gomez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A. and Apesteguia, A., 2003, Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality, *European Food Research and Technology*, 216 (1), 51-56.

Gomez-Lopez, V., Orsolani, L., Martinez-Yepez, A. and Tapia, M., 2010, Microbiological and sensory quality of sonicated calcium-added orange juice, *LWT - Food Science and Technology*, 43 (5), 808-813.

Goni, I. and Valentin-Gamazo, C., 2003, Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunteers, *Food Chemistry*, 81 (4), 511-515.

Goni, I., Garcia-Alonso, A. and Saura-Calixto, S., 1997, A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index, *Nutrition Research*, 17, 427-437.

Goula, A. M., Ververi, M., Adamopoulou, A. and Kaderides, K., 2017, Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils, *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 821-830.

Granfeldt, Y. and Björck, I., 1991, Glycemic response to starch in pasta: A study of mechanisms of limited enzyme availability, *Journal of Cereal Science*, 14 (1), 47-61.

Greffeuille, V., Marsset-Baglieri, A., Molinari, N., Cassan, D., Sutra, T., Avignon, A. and Micard, V., 2015, Enrichment of pasta with faba bean does not impact glycemic or

insulin response but can enhance satiety feeling and digestive comfort when dried at very high temperature, *Food and Function*, 6 (9), 2996-3005.

Guemes-Vera, N., Martinez-Herrera, J., Hernandez-Chavez, J. F., Yanez-Fernandez, J. and Totosaus, A., 2012, Comparison of chemical composition and protein digestibility, carotenoids, tanins and alkaloids content of wild lupinus varieties flour, *Pakistan Journal of Nutrition*, 11 (8), 676-682.

Guemes-Vera, N., Pena-Bautista, R. J., Jimenez-Martinez, C., Davila- Ortiz, G. and Calderon-Dominguez, G., 2008, Effective detoxification and decoloration of *Lupinus mutabilis* seed derivatives, and effect of these derivatives on bread quality and acceptance, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1135-1143.

Guevara-Guerrero, B., Fernandez-Quintero, A. and Montero-Montero, J. C., 2019, Free fatty acids in rice bran during its storage after a treatment by twin-screw extrusion to prevent possible rapid hydrolytic rancidity of lipids, *DYNA*, 86 (208), 177-181.

Guillamon, E., Cuadrado, C., Pedrosa, M. M., Varela, A., Cabellos, B., Muzquiz, M. and Burbano, C., 2010a, Breadmaking properties of wheat flour supplemented with thermally processed hypoallergenic lupine flour, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (1), 100-108.

Guillamon, E., Rodriguez, J., Burbano, C., Muzquiz, M., Pedrosa, M. M., Cabanillas, B., Crespo, J. F., Sancho, A. I., Mills, E. N. C. and Cuadrado, C., 2010b, Characterization of lupin major allergens (*Lupinus albus* L.), *Molecular Nutrition and Food Research*, 54 (11), 1668-1676.

Gujral, H. S., Gaur, S. and Rosell C. M., 2003, Note: Effect of barley flour, wet gluten and ascorbic acid on bread crumb texture, *Food Science and Technology International*, 9 (1), 17-25.

Gull, A., Prasad, K. and Kumar, P., 2018, Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17, 147-153.

Gullion, F. and Champ, M. M., 2002, Carbohydrate fractions of legumes: Uses in human nutrition and potential for health, *British Journal of Nutrition*, 88 (Supplement 3), 293-306.

Guraya, H. S. and Patindol, J. A., 2011, Storage stability of flour-blasted brown rice, *Cereal Chemistry*, 88 (1), 56-63.

Güdük, H., 2016, Mısırlı ekmeklerde mısır unu seviyesi ve katkı kullanımının kalite üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.

Gyamfi, M. A., Yonamine, M. and Aniya, Y., 1999, Free radical scavenging action of medical herbs from Ghana: *Thonningia sanguinea* on experimentally-induced liver injuries, *General Pharma*, 32, 661-667.

Ha, K., Park, B. and Chang, H., 2014, Development of squash sikhye added with retrograded rice flour containing resistant starch using response surface methodology and quality comparison with commercial beverages, *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 30 (2), 129-138.

Habibi, M., Golmakani, M. -T., Farahnaky, A., Mesbahi, G. and Majzoobi, M., 2016, NaOH-free debittering of table olives using power ultrasound, *Food Chemistry*, 192, 775-781.

Habibi, M., Golmakani, M. -T., Mesbahi, G., Majzoobi, M. and Farahnaky, A., 2015, Ultrasound-accelerated debittering of olive fruits, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 105-115.

Hall, R. S. and Johnson, S. K., 2004, Sensory acceptability of foods containing Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius*) flour, *Journal of Food Science*, 69 (2), 93-97.

Hall, R. S., Thomas, S. J. and Johnson, S. K., 2005, Australian sweet lupin flour addition reduces the glycaemic index of a white bread breakfast without affecting palatability in healthy human volunteers, *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 14 (1), 91-97.

Hallstrom, E., Sestili, F., Lafiandra, D., Bjorck, I. and Ostman, E., 2011, A novel wheat variety with elevated content of amylose increases resistant starch formation and may beneficially influence glycaemia in healthy subjects, *Food and Nutrition Research*, 55, 70-74.

Hamdia, M. S. A. - H., 2017, Effect of adding different proportions of lupin flour to wheat flour on physicochemical and sensory properties in biscuit production, *International Journal of Science and Nature*, 8 (2), 336-342.

Han, I. H. and Baik, B. K., 2006, Oligosaccharide content and composition of legumes and their reduction by soaking, cooking, ultrasound, and high hydrostatic pressure, *Cereal Chemistry*, 83, 428-433.

Haralampu, S. G., 2000, Resistant starch - a review of the physical properties and biological impact of RS3, *Carbohydrate Polymers*, 41, 285-292.

Hashemi, S. M. B., Mousavi Khaneghah, A. and Akbarirad, H., 2015, Effects of ultrasound treatment and zenyan essential oil on lipid oxidation of blended vegetable oil, *International Food Research Journal*, 22 (5), 1918-1923.

Hasjim, J., Lee, S. O., Hendrich, S., Setiawan, S., Ai, Y. and Jane, J. L., 2010, Characterization of a novel resistant-starch and its effects on postprandial plasma-glucose and insulin responses, *Cereal Chemistry*, 87 (4), 257-262.

Hasjim, J., Srichuwong, S., Scott, M. P. and Jane, J. L., 2009, Kernel composition, starch structure, and enzyme digestibility of opaque-2 maize and quality protein maize, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 2049-2055.

Haskell, M. J., 2013, Provitamin A carotenoids as a dietary source of vitamin A, in: S. A. Tanumihardjo (Ed.), Carotenoids and human health, Humana Press, pp. 249-260.

Haug, W. and Lantzsch, H. J., 1983, Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426.

Henriquez, C., Cordova, A., Lutz, M. and Saavedra, J., 2013, Storage stability test of apple peel powder using two packaging materials: High-density polyethylene and metalized films of high barrier, *Industrial Crops and Products*, 45, 121-127.

Hernandez-Chavez, J. F., Guemes-Vera, N., Olguin-Pacheco, M., Osorio-Diaz, P., Bello-Perez, L. A. and Totosaus-Sanchez, A., 2019, Effect of lupin flour incorporation of mechanical properties of corn flour tortillas, *Food Science and Technology*, 39 (3), 704-710.

Hernandez-Nava, R. G., Berrios, J. D. J., Pan, J., Osorio-Diaz, P. and Bello-Perez, L. A., 2009, Development and characterization of spaghetti with high resistant starch content supplemented with banana starch, *Food Science and Technology International*, 15 (1), 73-78.

Hettiaratchi, U. P. K., Ekanayake, S. and Welihinda, J., 2009, Glycaemic indices of three Sri Lankan wheat bread varieties and a bread-lentil meal, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (4), 21-30.

Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2011, Evaluation of heat damage, sugars, amylases and colour in breads from einkorn, durum and bread wheat flours, *Journal of Cereal Science*, 54 (1), 90-97.

Higgins, J. A., Dana, H. R., Donahoo, W. T., Brown, I. L., Bell, M. L. and Bessesen, D. H., 2004, Resistant starch consumption promotes lipid oxidation, *Nutrition and Metabolism*, 1, 1-8.

Higuera-Barraza, O. A., Del Toro-Sanchez, C. L., Ruiz-Cruz, S. and Marquez-Rios, E., 2016, Effects of high-energy ultrasound on the functional properties of proteins, *Ultrasonic Sonochemistry*, 31, 558-562.

Hofmann, T., 1998, Studies on the relationship between molecular weight and the color potency of fractions obtained by thermal treatment of glucose amino acid and glucose/protein solutions by using ultracentrifugation and colour dilution technique, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3891-3895.

Hofmanova, T., Svec, I. and Hruskova, M., 2014, Nutritional properties of non-traditional seeds, *Journal of Life Medicine*, 2 (1), 10-14.

Hooda, S. and Jood, S., 2005, Organoleptic and nutritional evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour, *Food Chemistry*, 90 (3), 427-435.

Hossain, M. B., Tiwari, B. K., Gangopadhyay, N., O'Donnell, C. P., Brunton, N. P. and Rai, D. K., 2014, Ultrasonic extraction of steroidal alkaloids from potato peel waste, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21 (4), 1470-1476.

Hu, H., Fan, X., Zhou, Z., Xu, X., Fan, G., Wang, L., Huang, X., Pan, S. and Zhu, L., 2013, Acid-induced gelation behavior of soybean protein isolate with high intensity ultrasonic pre-treatments, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (1), 187-195.

Hung, P. V., Maeda, T. and Morita, N., 2007, Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution, *Food Research International*, 40, 273-279.

ICC, 2001, International Association for Cereal Science and Technology, Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology, ICC Standard 145, Vienna, Austria, ICC-International Association for Cereal Science and Technology.

Indrani, D. and Rao, G. V., 1992, Effect of improvers on the quality of whole wheat-flour bread, *Journal of Food Science and Technology*, 29, 357-359.

Indrawati, I., Van Loey, A. M., Ludikhuyze, L. R. and Hendrickx, M. E., 1999, Single, combined, or sequential action of pressure and temperature on lipoxygenase in green beans (*Phaseolus vulgaris* L.): A kinetic inactivation study, *Biotechnology Progress*, 15, 273-277.

Izadiyan, P. and Hemmateenejad, B., 2016, Multi-response optimization of factors affecting ultrasonic assisted extraction from Iranian basil using central composite design, *Food Chemistry*, 864-870.

Izydorczyk, M., Lagasse, S., Hatcher, D., Dexter, J. and Rossnagel, B., 2005, The enrichment of Asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85 (12), 2094-2104.

Jadhaw, S. H. and Gogate, P. R., 2014, Ultrasound assisted enzymatic conversion of non edible oil to methyl esters, *Ultrasonic Sonochemistry*, 21, 1374-1381.

Jaeschke, D. P., Rech, R., Marczak, L. D. F. and Mercali, G. D., 2017, Ultrasound as an alternative technology to extract carotenoids and lipids from *Heterochlorella luteoviridis*, *Bioresource Technology*, 224, 753-757.

Jahouach-Rabai, W., Trabelsi, M., Van Hoed, V., Adams, A., Verhe, R., De Kimpe, N. and Frikha, M. H., 2008, Influence of bleaching by ultrasound on fatty acids and minor compounds of olive oil. Qualitative and quantitative analysis of volatile compounds (by SPME coupled to GC/MS), *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (4), 590-597.

Jahreis, G., Brese, M., Leiterer, M., Schafer, U. and Böhm, V., 2015, Legume flours: Nutritionally important sources of protein and dietary fiber, *Ernahrungs Umschau*, 63 (2), 36-42.

Jayasena, V. and Nasar-Abbas, S. M., 2012, Development and quality evaluation of high-protein and high-dietary-fiber pasta using lupin flour, *Journal of Texture Studies*, 43, 153-163.

Jayasena, V. and Quail, K., 2004, Lupin: A legume with a future, *Food and Beverage Asia*, 12, 16-21.

Jayasena, V., Leung, P. and Nasar-Abbas, S. M., 2008, Development and quality evaluation of lupin-fortified instant noodles, in: J. A. Palta and J. B. Berger (Eds), Lupins for Health and Wealth Proceedings of the 12th International Lupin Conference, 14-18 Sept., Fremantle, Western Australia, International Lupin Association, Canterbury, New Zealand.

Jayasena, V., Leung, P. and Nasar-Abbas, S. M., 2010, Effect of lupin flour substitution on the quality and sensory acceptability of instant noodles, *Journal of Food Quality*, 33, 709-727.

Jayasooriya, S. D., Bhandari, B. R., Torley, P. and D'Arcy, B. R., 2004, Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: A review, *International Journal of Food Properties*, 7 (2), 301-319.

Jerman, T., Trebse, P. and Mozetic Vodopivec, B., 2010, Ultrasound-assisted solid liquid extraction (USLE) of olive fruit (*Olea europaea*) phenolic compounds, *Food Chemistry*, 123, 175-182.

Jha, P. K., Kudachikar, V. B. and Kumar, S., 2013, Lipase inactivation in wheat germ by gamma irradiation, *Radiation Physics and Chemistry*, 86, 136-139.

Jiang, X., Chang, M., Wang, X., Jin, Q. and Wang, X., 2014, Effect of ultrasound treatment on oil recovery from soybean gum by using phospholipase C, *Journal of Cleaner Production*, 69, 237-242.

Jiang, Z. Q., Pulkkinen, M., Wang, Y. J., Lampi, A. M., Stoddard, F. L., Salovaara, H., Piironen, V. and Sontag-Strohm, T., 2016, Faba bean flavour and technological property improvement by thermal pre-treatments, *LWT - Food Science and Technology*, 68, 295-305.

Jimenez-Martinez, C., Hernandez-Sanchez, H. and Davila-Ortiz, G., 2003, Lupines: An alternative for debittering and utilization in foods, in: G. Gutierrez-Lopez and G. Barbosa-Canovas (Eds.), Food Science and Food Biotechnology, Boca Raton, FL, USA: CRC Press, pp. 233-252.

Jimenez-Martinez, C., Hernandez-Sanchez, H. and Davila-Ortiz, G., 2007, Diminution of quinolizidine alkaloids, oligosaccharides and phenolic compounds from two species of *Lupinus* and soybean seeds by the effect of *Rhizopus oligosporus*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1315-1322.

Johnson, S. K., Clements, J., Villarino, C. B. J. and Coorey, R., 2017, Lupins: Their unique nutritional and health-promoting attributes, in: J. R. N. Taylor and J. M. Awika (Eds.), Gluten-Free Ancient Grains, Woodhead Publishing, pp. 179-221.

Jondiko, T. O., 2010, Effects of variations in high molecular weight glutenin allele composition and resistant starch on wheat flour tortilla quality, MSc Thesis, *Texas A&M University Food Science and Technology*, Texas, USA.

Jusoh, Y. M., Chin N. L., Rahman, R. A. and Yusof, Y. A., 2007, Bread crust thickness estimation using L A B colour system, *World Engineering Congress*, Penang, Malaysia.

Jyotsna, R., Prabhasankar, P., Indrani, D. and Rao, G. V., 2004, Effect of additives on the quality and microstructure of vermicelli made from *Triticum aestivum*, *European Food Research and Technology*, 218, 557-562.

Kahraman, K., 2011, Farklı nişasta kaynaklarından çapraz bağlı nişasta üretimi ve karakterizasyonu, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Kahraman, K., Aktaş-Akyıldız, E., Öztürk, S. and Köksel, H., 2019, Effect of different resistant starch sources and wheat bran on dietary fibre content and *in vitro* glycaemic index values of cookies, *Journal of Cereal Science*, 90, 102851.

Kalogeropoulos, N., Chiou, A., Ioannou, M., Karathanos, V. T., Hassapidou, M. and Andrikopoulos, N. K., 2010, Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries, *Food Chemistry*, 121, 682-690.

Kang, C. S., Kim, K. H., Choi, I. D., Son, J. H. and Park, C. S., 2014, Effects of transglutaminase on the quality of white salted noodles made from Korean wheat cultivars, *International Food Research Journal*, 21, 195-202.

Kang, D. -C., Zou, Y. -H., Cheng, Y. -P., Xing, L. -J., Zhou, G. -H. and Zhang, W. -G., 2016, Effect of power ultrasound on oxidation and structure of beef proteins during curing processing, *Ultrasonics Sonochemistry*, 33, 47-53.

Kapale, M., Vijayalakshmi, D., Baddi, J. and Bhosale, S., 2014, Stabilization and nutritional composition of pigmented rice bran, *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 33 (1), 14-17.

Karadeniz, D., 2007, Farklı besinsel lif kaynaklarının ve hidrokolloidlerin erişte üretiminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Samsun.

Karamac, M., Orak, H. H., Amarowicz, R., Orak, A. and Piekoszewski, W., 2018, Phenolic contents and antioxidant capacities of wild and cultivated white lupin (*Lupinus albus* L.) seeds, *Food Chemistry*, 258, 1-7.

Karayiyen, S. S., 2019, Farklı tipte dirençli nişasta içeren gıda örneklerinde fonksiyonel özelliklerin *in vitro* yöntemlerle belirlenmesi, Doktora Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin.

Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H. P. S. and Ranote, P. S., 2013, Enrichment of pasta with different plant proteins, *Journal of Food Science and Technology,* 50 (5), 1000-1005.

Kaur, S., Sharma, S., Singh, B. and Dar, B. N., 2015, Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal brans, *Journal of Food Science and Technology*, 52 (3), 1670-1676.

Kaya, E., Tuncel, N. B. and Tuncel, N. Y., 2017, The effect of ultrasound on some properties of pulse hulls, *Journal of Food Science and Technology,* 54 (9), 2779-2788.

Keenan, M. J., Zhou, J., Hegsted, M., Pelkman, C., Durham, H. A., Coulon, D. B. and Martin, R. J., 2015, Role of resistant starch in improving gut health, adiposity, and insulin resistance, *Advances in Nutrition*, 6, 198-205.

Keogh, J., Atkinson, F., Eisenhauer, B., Inamdar, A. and Brand-Miller, J., 2011, Food intake, postprandial glucose, insulin and subjective satiety responses to three different bread-based test meals, *Appetite*, 57, 707-710.

Kesici, Ö., 2019, Farklı pişirme yöntemlerinin baklagillerin enzime dirençli nişasta içeriğine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Khadhraoui, B., Turk, M., Fabiano-Tixier, A. S., Petitcolas, E., Robinet, P., Imber, R., El Maataoui, M. and Chemat, F., 2018, Histo-cytochemistry and scanning electron microscopy for studying spatial and temporal extraction of metabolites induced by ultrasound. Towards chain detexturation mechanisms, *Ultrasonics Sonochemistry*, 42, 482-492.

Khaleel, M. L., Sharoba, A. M., El-Desouky, A. I. and Mohamed, M. H., 2018, Use of some emulsifiers to improve the quality of pan bread product, *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 18, 150-161.

Khan, I., Yousif, A., Johnson, S. K. and Gamlath, S., 2013, Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta, *Food Research International*, 54, 578-586.

Khan, M. A., Semwal, A. D., Sharma, G. K., Yadav, D. N. and Srihari, K. A., 2008, Studies on the development and shelf stability of groundnut (*Arachis hypogea*) burfi, *Journal of Food Quality*, 31 (6), 612-626.

Khan, M. K., Karnpanit, W., Nasar-Abbas, S. M., Huma, Z. and Jayasena, V., 2015, Phytochemical composition and bioactivities of lupin: A review, *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 2004-2012.

Kim, J., Zhang, C. and Shin, M., 2015, Forming rice starch gels by adding retrograded and cross-linked resistant starch prepared from rice starch, *The Food Science and Biotechnology*, 24 (3), 835-841.

Kim, K. -B., Lee, S., Kim, M. -S. and Cho, B. -K., 2009, Determination of apple firmness by nondestructive ultrasonic measurement, *Postharvest Biological Technology*, 52, 44-48.

Kim, K. -E. and Lee, Y. -T., 2009, Effect of additives in making frozen rice dough on the quality of rice bread, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38 (10), 1438-1443.

Kim, M. J., Choi, S. J., Shin, S. I., Sohn, M. R., Lee, C. J., Kim, Y., Cho, W. I. and Moon, T. W., 2008, Resistant glutarate starch from adlay: Preparation and properties, *Carbohydrate Polymers*, 74, 787-796.

Kim, S. K. and D'Appolonia, B. L., 1977, Bread staling studies. I. Effect of protein content on staling rate and bread crumb pasting properties, *Cereal Chemistry*, 54, 207-215.

Kim, S. -K., Lee, S. -J., Yoon, J. -H. and Lee, S. J., 2008, The effect of vital gluten and gum on the retrogradation of breads made with Korean wheat flour and sprouted brown rice, *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 18 (3), 384-390.

Kim, S. M., Chung, H. J. and Lim, S. T., 2014, Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran, *Journal of Cereal Science*, 60 (1), 243-248.

Kim, Y. -J., Lee, J. -H., Choi, M. -J., Choi, D. -R. and Lee, S. -K., 2013, Effects of vital wheat gluten on quality characteristics of white pan bread containing resistant starch, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 42 (1), 76-82.

Kim, Y., Kee, J. I., Lee, S. and Yoo, S. -H., 2014, Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase, *Food Chemistry*,145, 409-416.

Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. and Lee, D. -U., 2004, Applications and potential of ultrasonics in food processing, *Trends Food Science and Technology*, 15, 261-266.

Kohajdova, Z., Karovicova, J. and Schmidt, S., 2011, Lupin composition and possible use in bakery - a review, *Czech Journal of Food Sciences*, 29 (3), 203-211.

Kondo, T. and Kano, E., 1988, Effect of free radicals induced by ultrasonic cavitation on cell killing, *International Journal of Radiation Biology*, 54 (3), 475-486.

Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R. and Juszczak, L., 2009, The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread, *Food Hydrocolloids*, 23, 988-995.

Köse, Y. E., 2018, Stabilizasyon yöntemlerinin ruşeym ve ruşeym yağının özellikleri üzerine etkisi, Doktora Tezi, *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Van.

Köten, M., 2010, Arpa unu ile zenginleştirmenin makarnanın bazı besinsel ve kalite özelliklerine etkisi, Doktora Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa.

Krog, N., 1981, Theoretical aspects of surfactants in relation to their use in breadmaking, *Cereal Chemistry*, 58, 158-164.

Kuraishi, C., Yamazaki, K. and Susa, Y., 2001, Transglutaminase: Its utilization in the food industry, *Food Reviews International*, 17, 221-246.

Kurlovich, B. S., 2002, Lupins (geography, classification, genetic resources and breeding), St. Petersburg: N. I. Vavilov Institute of Plant Industry, p. 468.

Kyle, W. S. A., 1994, The current and potential uses of lupins as food, in: M. Dracup, and J. Palta, (Eds.), *Proceedings of the First Australian Lupin Technical Symposium*, Department of Agriculture, South Perth.

Laguna, L., Salvador, A., Sanz, T. F. and Susana, M., 2010, Performance of a resistant starch ingredient in the baking and eating quality of short-dough biscuits, *LWT-Food Science and Technology*, 44, 737-746.

Lampart-Szczapa, E., Korczak, J., Nogala-Kalucka, M. and Zawirska-Wojtasiak, R., 2003, Antioxidant properties of lupin seed products, *Food Chemistry*, 83, 279-285.

Lampart-Szczapa, E., Obuchowski, W., Czaczyk, K., Pastuszewska, B. and Buraczewska, L., 1997, Effect of lupine flour on the quality and oligosaccharides of pasta and crisps, *Food/Nahrung*, 41 (4), 219-223.

Lasztity, R., Khalil, M. M., Haraszi, R., Baticz, O. and Tömösközi, S., 2001, Isolation, functional properties and potential use of protein preparations from lupin, *Food/Nahrung*, 45 (6), 396-398.

Leonard, W., Hutchings, S. C., Warner, R. D. and Fang, Z., 2019, Effects of incorporating roasted lupin (*Lupinus angustifolius*) flour on the physicochemical and sensory attributes of beef sausage, *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 1849-1857

Leszczynski, W., 2004, Resistant starch - classification, structure, production, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 13 (54), 37-50.

Levent, H. and Bilgiçli, N., 2011, Enrichment of gluten-free cakes with lupin (*Lupinus albus* L.) or buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) flours, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62 (7), 725-728.

Levent, H. and Bilgiçli, N., 2012, Evaluation of physical, chemical and sensory properties of Turkish flat breads (bazlama and yufka) supplemented with lupin, buckwheat and oat flours, *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2 (5), 89-95.

Levent, H. and Yeşil, S., 2019, The effects of drying methods on the quality of Turkish noodle with legume flours, *Gıda*, 44 (6), 1161-1173.

Levent, H., Bilgiçli, N. ve Madenci, A. B., 2012, Dirençli nişastanın geleneksel ekmeklerden bazlama, lavaş ve yufkada kullanımı, *3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 10-12 Mayıs, Konya.

Levent, H., Koyuncu, M., Bilgiçli, N., Adıgüzel, E. ve Dedeoğlu, M., 2020, Defitinize edilmiş tahıl kepeklerinin ve enzimlerin makarnanın fiziksel ve duyusal kalitesi üzerine etkileri, *Gıda,* 45 (2), 397-407.

Li, B. and Sun, D. W., 2002, Effect of power ultrasound in freezing rate during immersion freezing, *Journal of Food Engineering*, 55, 277-282.

Li, C., Lu, Q., Liu, Z. and Yan, H., 2018, Effects of the addition of gluten with different disulfide bonds and sulfhydryl concentrations on Chinese white noodle quality, *Czech Journal of Food Sciences*, 36 (3), 246-254.

Li, H., Pordesimo, L. and Weiss, J., 2004, High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans, *Food Research International*, 37 (7), 731-738.

Li, H., Wang, J., Pan, L. and Lu, Q., 2019, Effect of amino and thiol groups of wheat gluten on the quality characteristics of Chinese noodles, *Journal of Food Science and Technology*, 56 (6), 2825-2835.

Li, L. -Y., Tan, T. -C., Liong, M. -T. and Easa, A. M., 2014, Preparation and evaluation of chili powder-enriched layered noodles, *LWT - Food Science and Technology*, 59, 566-571.

Li, T., Qu, X. -Y., Zhang, Q. -A. and Wang, Z. -Z., 2012, Ultrasound-assisted extraction and profile characteristics of seed oil from *Isatis indigotica* Fort, *Industrial Crops and Products*, 35, 98-104.

Li, Y., Fabiano-Tixier, A. S., Tomao, V., Cravotto, G. and Chemat, F., 2013, Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids based on the bio-refinery concept using sunflower oil as an alternative solvent, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 12-18.

Li, Z. Y.,Wang, R. F. and Kudra, T., 2011, Uniformity issue in microwave drying, *Drying Technology*, 29 (6), 652-660.

Liao, M., Zhao, Y., Gong, C., Zhang, H. and Jiao, S., 2018, Effects of hot air-assisted radio freqquency roasting on quality and antioxidant activity of cashew nut kernels, *LWT - Food Science and Technology*, 93, 274-280.

Lim, K. S. and Barigou, M., 2005, Pneumatic foam generation in the presence of a high intensity ultrasound field, *Ultrasonics Sonochemistry*, 12 (5), 385-393.

Limroongreungrat, K., Prasitkhetkit, N. and Suksomboon, A., 2011, Effect of transglutaminase on quality of noodle added with Moringa leaves powder, *Agricultural Science Journal*, 42, 497-500.

Lin, K. -W. and Huang, C. -Y., 2008, Physicochemical and textural properties of ultrasound-degraded konjac flour and their influences on the quality of low-fat Chinese-style sausage, *Meat Science*, 79, 615-622.

Ling, B., Hou, L., Li, R. and Wang, S., 2014, Thermal treatment and storage condition effects on walnut paste quality associated with enzyme inactivation, *LWT - Food Science and Technology*, 59, 786-793.

Liu, L., 2009, Phytochemical and pharmacological perspectives of wheat grain and lupin seed, Ph.D Dissertation, *Southern Cross University Centre for Phytochemistry and Pharmacology*, Lismore, Australia.

Liu, S., Chen, D. and Xu, J., 2018, The effect of partially substituted lupin, soybean, and navy bean flours on wheat bread quality, *Food and Nutrition Sciences*, 9, 840-854.

Liu, W., Brennan, M., Serventi, L. and Brennan, C., 2017, Buckwheat flour inclusion in Chinese steamed bread: Potential reduction in glycemic response and effects on dough quality, *European Food Research and Technology*, 243, 727-734.

Lockyer, S. and Nugent, A. P., 2017, Health effects of resistant starch, *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 42, 10-41.

Lopez, H. W., Levrat-Verny, M. A., Coudray, C., Besson, C., Krespine, V., Messager, A., Demigne, C. and Remesy, C., 2001, Class 2 resistant starches lower plasma and liver lipids and improve mineral retention in rats, *Journal of Nutrition*, 131, 1283-1289.

Ludwig, D. S. and Eckel, R. H., 2002, The glycaemic index at 20y, *American Journal of Clinical Nutrition*, 76, 264S–265S.

Luengo, E., Condon-Abanto, S., Condon, S., Alvarez, I. and Raso, J., 2014, Improving the extraction of carotenoids from tomato waste by application of ultrasound under pressure, *Separation and Purification Technology*, 136, 130-136.

Luhovyy, B. L., Mollard, R. C., Yurchenko, S., Nunez, M. F., Berengut, S., Liu, T. T., Smith, C. E., Pelkman, C. L. and Anderson, G. H., 2014, The effects of whole grain high-amylose maize flour as a source of resistant starch on blood glucose, satiety, and food intake in young men, *Journal of Food Science*, 79 (12), H2550-H2556.

Ly, H. L., Tran, T. M. C., Tran, T. T. T., Ton, N. M. N. and Le, V. V. M., 2018, Application of ultrasound to protein extraction from defatted rice bran, *International Food Research Journal*, 25 (2), 695-701.

Ma, C. H., Wang, S. Y., Yang, L., Zu, Y. G., Yang, F. J., Zhao, C. J., Xhang, L. and Zhang, Z. H., 2012, Ionic liquid-aqueous solution ultrasonic-assisted extraction of

camptothecin and 10-hydroxycamptothecin from *Camptotheca acuminata* samara, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 57, 59-64.

Ma, Z., Boye, J. I., Simpson, B. K., Prasher, S. O., Monpetit, D. and Malcolmson, L., 2011, Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours, *Food Research International*, 44, 2534-2544.

Madenci, A. B. and Bilgiçli, N., 2014, Effect of whey protein concentrate and buttermilk powders on rheological properties of dough and bread quality, *Journal of Food Quality*, 37, 117-124.

Madenci, A. B., 2017, Besinsel lif ve antioksidan maddece zengin bileşenlerin yaş makarnanın bazı kalite özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisi, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Madenci, A. B., Bilgiçli, N. and Türker, S., 2018, Effects of dietary fibre and antioxidant-rich ingredients on some quality characteristics of fresh and dry pasta, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 10 (3), 315-324.

Magalhaes, S. C. Q., Taveira, M., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M., Valentao, P. and Andrade, P. B., 2017, European marketable grain legume seeds: Further insight into phenolic compounds profiles, *Food Chemistry*, 215, 177-184.

Mahmoud, E. A. M., Nassef, S. L. and Basuny, A. M. M., 2012, Production of high protein quality noodles using wheat flour fortified with different protein products from lupine, *Annals of Agriculture Science*, 57 (2), 105-112.

Majzoobi, M., Hedayati, S., Habibi, M., Ghiasi, F. and Farahnaky, A., 2014, Effects of corn resistant starch on the physicochemical properties of cake, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16, 569-576.

Majzoobi, M., Ostovan, R. and Farahnaky, A., 2011, Effects of gluten powder on the quality of wheat flour spaghetti cooked in distilled or salted water, *Journal of Texture Studies*, 42, 468-477.

Malekian, F., Rao, R. M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W. E., Windhauser, M. and Ahmedna, M., 2000, Lipase and lipoxygnase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage, Louisiana Agricultural Experiment Station, Louisiana State University Agricultural Center, *Bulletin Number*, 870.

Manez, G., Alegria, A., Fare, R. and Frigola, A., 2002, Effect of traditional, microwave and industrial cooking on inositol phosphate content in beans, chickpeas and lentils, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53, 503-508.

Marchetti, L., Cardos, M., Campana, L. and Ferrero, C., 2012, Effect of glutens of different quality on dough characteristics and breadmaking performance, *LWT - Food Science and Technology*, 46, 224-231.

Marti, A., Torri, L., Casiraghi, M. C., Franzetti, L., Limbo, S., Morandin, F., Quaglia, L., Pagani, M. A., 2014, Wheat germ stabilization by heat-treatment or sourdough

fermentation: Effects on dough rheology and bread properties, *LWT - Food Science and Technology*, 59 (2P1), 1100-1106.

Martin, D., Gober, J. S., Selhako, G., Verma, L. and Wells, J. H., 1993, Optimizing rice bran stabilization by extrusion cooking, *Lousiana Agraculture*, 30, 13.

Martin, M. L., Zeleznak, K. J. and Hoseney, R. C., 1991, A mechanism of bread firming, I. Role of starch swelling, *Cereal Chemistry*, 68, 498-503.

Martinez-Villaluenga, C., Frias, J. and Vidal-Valverde, C., 2006, Functional lupin seeds (*Lupinus albus* L. and *Lupinus luteus* L.) after extraction of α-galactosides, *Food Chemistry*, 98, 291-299.

Martinez-Villaluenga, C., Torres, A., Frias, J. and Vidal-Valverde, C., 2010, Semolina supplementation with processed lupin and pigeon pea flours improve protein quality of pasta, *LWT - Food Science and Technology*, 43, 617-622.

Martinez-Villaluenga, C., Zielinski, H., Frias, J., Piskula, M. K., Kozlowska, H. and Vidal-Valverde, C., 2009, Antioxidant capacity and polyphenolic content of high-protein lupin products, *Food Chemistry*, 112, 84-88.

Martini, S., 2013, Sonocrystallization of Fats, SpringerBriefs in Food, Health, and Nutrition, Springer, New York, USA.

Maskan, M., 2001, Kinetics of colour change kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48 (2), 169-175.

Mason, T. J., 1998, Power ultrasound in food processing, The way forward, in: Ultrasound in Food Processing, Povey, M. J. W. and Mason, T. J. (Eds), Chapman & Hall, London, pp.105-126.

Mason, T. J., 2003, Sonochemistry and sonoprocessing: The link, the trends and (probably) the future, *Ultrasonics Sonochemistry*, 10 (4-5), 175-179.

Mason, T. J., Newman, A., Sukhvinder, P. and Charter, C., 1994, Sound solution, *World Water and Environmental Engineering*, (April), 16.

Mason, T. J., Paniwnyk, L. and Lorimer, J. P., 1996, The uses of ultrasound in food technology, *Sonochemistry*, 3, 253-260.

Mason, T. J., Riera, E., Vercet, A. and Lopez-Buesa, P., 2005, Application of ultrasound, in: D. -W., Sun (Ed.), Emerging Technologies for Food Processing, Elsevier, pp. 323-351.

Mawson, R., Gamage, M., Terefe, M. S. and Knoerzer, K., 2011, Ultrasound in enzyme activation and inactivation, in: H. Feng, G. V. Barbosa-Canovas and J. Weiss (Eds.), Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing, Springer, USA, pp. 369-404.

McClements, J. D., 1995, Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing, *Trends in Food Science and Technology*, 6, 293-299.

Mekuria, B. and Emire, S. A., 2015, Effects of vital gluten enrichment on qualities of value added products, *Journal of Food Processing and Technology*, 6 (11), 1-10.

Melendez-Martinez, A. J., Britton, G., Vicario, I. M. and Heredia, F. J., 2007, Relationship between the colour and the chemical structure of carotenoid pigments, *Food Chemistry*, 101, 1145-1150.

Menendez, J. A., Arenillas, A., Fidalgo, B., Fernandez, Y., Zubizarreta, L., Calvo, E. G. and Bermudez, J. M., 2010, Microwave heating processes involving carbon materials, *Fuel Processing Technology*, 91 (1), 1-8.

Menon, R., Padmaja, G. and Sajeev, M. S., 2015, Cooking behavior and starch digestibility of Nutriose (resistant starch) enriched noodles from sweet potato flour and starch, *Food Chemistry*, 182, 217-223.

Meyer, K. A., Kushi, L. H., Jacobs, D. R., Slavin, J., Sellers, T. A. and Folsom, A. R., 2000, Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women, *American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 921-930.

Miano, A. C., Rojas, M. L. and Augusto, P. E. D., 2019, Using ultrasound for improving hydration and debittering of Andean lupin grains, *Journal of Food Process Engineering*, 42 (6), e13170.

Miller, R. A. and Bianchi, E., 2017, Effect of RS4 resistant starch on dietary fiber content of white pan bread, *Cereal Chemistry*, 94 (2), 185-189.

Miller, R. A., Jeong, J. and Maningat, C. C., 2011, Effect of RS4 resistant starch on extruded ready-to-eat (RTE) breakfast cereal quality, *Cereal Chemistry*, 88 (6), 584-588.

Minarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B. and Capellas, M., 2012, Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread, *Journal of Cereal Science*, 56, 476-481.

Miyazaki, M., Van Hung, P., Maeda, T. and Morita, N., 2006, Recent advances in application of modified starches for breadmaking, *Trends in Food Science and Technology*, 17, 591-599.

Mizrach, A., 2007, Nondestructive ultrasonic monitoring of tomato quality during shelf-life storage, *Postharvest Biological Technology*, 46, 271-274.

Mohamed, A. A. and Rayas-Duarte, P., 1995, Composition of *Lupinus albus*, *Cereal Chemistry*, 72 (6), 643-647.

Mohamed, S. A., Awad, R. A., Elbatawy, O. I. and Salama, W. M., 2019, Production of vegetable yoghurt like from lupin milk, *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 27 (4), 2155-2165.

Mohammed, M. A., Mohamed, E. A., Yagoub, A. E. A., Mohamed, A. R. and Babiker, E. E., 2017, Effect of processing methods on alkaloids, phytate, phenolics, antioxidants activity and minerals of newly developed lupin (*Lupinus albus* L.) cultivar, *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, 1-9.

Mohebbi, Z., Homayouni, A., Azizi, M. H. and Hosseini, S. J., 2018, Effects of beta-glucan and resistant starch on wheat dough and prebiotic bread properties, *Journal of Food Science and Technology*, 55 (1), 101-110.

Monteiro, M. R. P., Costa, A. B. P., Campos, S. F., Silva, M. R., da Silva, C. O., Martino, H. S. D. and Silvestre, M. P. C., 2014, Evaluation of the chemical composition, protein quality and digestibility of lupin (*Lupinus albus* and *Lupinus angustifolius*), *O Mundo da Saude, Sao Paulo*, 38 (3), 251-259.

Morais, M. B., Feste, A., Miller, R. G. and Lifichitz, C. H., 1996, Effect of resistant starch and digestible starch on intestinal absorption of calcium, iron and zinc in infant pigs, *Pediatric Research*, 39, 872-876.

Mridula, D., Jain, R. and Singh, K. K., 2010, Effect of storage on quality of fortified Bengal gram *sattu*, *Journal of Food Science and Technology*, 47 (1), 119-123.

Mubarak, A. E., 2001, Chemical, nutritional and sensory properties of bread supplemented with lupin seed (*Lupinus albus*) products, *Nahrung/Food*, 45 (4), 241-245.

Mubarak, A. E., 2005, Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes, *Food Chemistry*, 89, 489-495.

Musco, N., Cutrignelli, M. I., Calabro, S., Tudisco, R., Infascelli, F., Grazioli, R., Lo Presti, V., Gresta, F. and Chiofalo, B., 2017, Comparison of nutritional and antinutritional traits among different species (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) and varieties of lupin seeds, *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101, 1227-1241.

Muzquiz, M., Pedrosa, M. M., Cuadrado, C., Ayet, G., Burbano, C. and Brenes, A., 1998, Variation of alkaloids, alkaloid esters, phytic acid and phytase activity in germinated seed of *Lupinus albus* and *L. luteus*, in: A. J. M. Jasman, G. D. Hill, J. Huisman, A. F. B. van der Poel (Eds.), Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rape Seeds, Wageningen, Wageningen Press, 93, 387-390.

Mülayim, M., Tamkoc, A. and Babaoglu, M., 2002, Sweet white lupins versus local bitter genotype: Agronomic characteristics as affected by different planting densities in the Göller region of Turkey, *European Journal of Agronomy*, 17, 181-189.

Mwizerwa, H., Abong, G. O., Okoth, M. W., Ongol, M. P., Onyango, C. and Thavarajah, P., 2017, Effect of resistant cassava starch on quality parameters and sensory attributes of yoghurt, *Current Research in Nutrition and Food Science*, 5 (3), 353-367.

Nalbant, V. G., 2010, Yemlerde kullanılan bazı yağlı tohumların mikrodalga ile işlenmesinin besin madde komposizyonu ve *in vitro* organik madde sindirilebilirliği üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Tekirdağ.

Namitha, K. K. and Negi, P. S., 2010, Chemistry and biotechnology of carotenoids, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50 (8), 728-760.

Nantanga, K. K. M., Seetharaman, K., de Kock, H. L. and Taylor, J. R. N., 2008, Thermal treatments to partially pre-cook and improve the shelf-life of whole pearl millet flour, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1892-1899.

Nargül, M. T., 2019, Farklı nişasta kaynaklarından enzime dirençli nişasta üretimi ve düşük glisemik indeksli fonksiyonel atıştırmalık formülasyonların geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Nielsen, M., Martens, H. J. and Kaack, K., 1998, Low frequency ultrasonics for texture measurements in carrots (*Daucus carota* L.) in relation to water loss and storage, *Postharvest Biological Technology*, 14, 297-308.

Niu, M., Hou, G. G., Li, X., Wang, L. and Chen, Z., 2014, Inhibitory effects of ultrasound combined with ascorbic acid or glutathione on enzymatic darkening of whole-wheat raw noodles, *LWT - Food Science and Technology*, 59, 901-907.

Nordin, N. N. A. M., Karim, R., Ghazali, H. M., Adzahan, N. M. and Sultan, M. T., 2014, Effects of various stabilization techniques on the nutritional quality and antioxidant potential of brewer's rice, *Journal of Engineering Science and Technology*, 9 (3), 347-363.

Nowacka, M. and Wedzik, M., 2016, Effect of ultrasound treatment on microstructure, colour and carotenoid content in fresh and dried carrot tissue, *Applied Acoustics*, 103, 163-171.

Nowicka, G., Klosiewicz-Latoszek, L., Sirtori, C. R., Arnoldi, A., Naruszewicz, M., 2006, Lupin proteins in the treatment of hypercholesterolemia, *XIV International Symposium on Atherosclerosis*, June 18-22, Rome, Italy.

Nugent, A. P., 2005, Health properties of resistant starch, *Nutrition Bulletin*, 30, 27-54.

Oates, C. G., 1997, Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis, *Trends in Food Science and Technology*, 8, 375-382.

Obeidat, B. A., Abdul-Hussain, S. S. and Al Omari, D. Z., 2013, Effect of addition of germinated lupin flour on the physicochemical and organoleptic properties of cookies, *Journal of Food Processing and Preservation*, 37, 637-643.

Oghbaei, M. and Prakash, J., 2013, Effect of fractional milling of wheat on nutritional quality of milled fractions, *Trends in Carbohydrate Research*, 5 (1).

Ogunronbi, O., Jooste, P. J., Abu, J. O. and Merwe, B. V. D., 2011, Chemical composition, storage stability and effect of cold-pressed flaxseed oil cake inclusion on bread quality, *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 64-79.

Oh, N. H., Seib, P. A., Chung, D. S. and Deyoe, C. W., 1985, Noodles, III. Effects of processing variables on quality characteristics of dry noodles, *Cereal Chemistry*, 62, 437-440.

Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C. and Wu, B., 2017, Effects of ultrasound on mass transfer kinetics, structure, carotenoid and vitamin C content of osmodehydrated sweet potato (*Ipomea batatas*), *Food and Bioprocess Technology*, 10, 1162-1172.

Oliveira, C. T., Gutierrez, E. M. R., Caliari, M., Monteiro, M. R. P., Labanca, R. A. and Carreira, R. L., 2015, Development and characterization of extruded broken rice and lupine (*Lupinus albus*), *American Journal of Plant Sciences*, 6, 1928-1936.

Oliver, J. R., Blakeney, A. B. and Allen, H. M., 1993, The colour of flour streams as related to ash and pigment contents, *Journal of Cereal Science*, 17, 169-182.

Olukomaiya, O. O., Adiamo, O. Q., Fernando, W. C., Mereddy, R., Li, X. and Sultanbawa, Y., 2020, Effect of solid-state fermentation on proximate composition, anti-nutritional factor, microbiological and functional properties of lupin flour, *Food Chemistry*, 315, 126238.

Onyechi, U. A., Judd, P. A. and Ellis, P. R., 1998, African plant foods rich in non-starch polysaccharides reduce postprandial blood glucose and insulin concentrations in healthy human subjects, *British Journal of Nutrition*, 80, 419-428.

Oomah, B. D., Tiger, N., Olson, M. and Balasubramanian, P., 2006, Phenolics and antioxidative activities in narrow-leafed lupins (*Lupinus angustifolius* L.), *Plant Foods for Human Nutrition*, 61, 91-97.

Ordonez-Santos, L. E., Martinez-Giron, J. and Arias-Jaramillo, M. E., 2017, Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice, *Food Chemistry*, 233, 96-100.

Ortolan, F. and Steel, C. J., 2017, Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16, 369-381.

Osorio-Diaz, P., Islas-Hernandez, J. J., Agama-Acevedo, E., Rodriguez-Ambriz, S. L., Sanchez-Pardo, M. E. and Bello-Perez, L. A., 2014, Chemical, starch digestibility and sensory characteristics of durum wheat/unripe whole banana flour blends for spaghetti formulation, *Food and Nutrition Sciences*, 5, 264-270.

Ovando-Martinez, M., Sayago-Ayerdi, S., Agama-Acevedo, E., Goni, I. and Bello-Perez, L. A., 2009, Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta, *Food Chemistry*, 113, 121-126.

Özkaya, B. ve Özkaya, H., 1992, Mısır katkılı unların teknolojik özelliklerine vital gluten ve SSL'in (Na-Stearoyl-2-Lactilate) etkileri, *Gıda*, 17 (6), 419-426.

Özkaya, H., 2005, Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.

Öztürk, S., Köksel, H. and Ng, P. K. W., 2009, Farinograph properties and bread quality of flours supplemented with resistant starch, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (6), 449-457.

Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Conto, F. and Del Nobile, M. A., 2014, Effect of durum wheat cultivars on physico-chemical and sensory properties of spaghetti, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 2196-2204.

Padmashree, A., Negi, N., Haridas, S., Govindaraj, T., Kumar, K. R. A., Semwal, A. D. and Sharma, G. K., 2018, Development and quality evaluation of choco quinoa nutri bar during storage, *Food and Nutrition Sciences*, 9, 899-914.

Padmashree, A., Sharma, G. K. and Govindaraj, T., 2013, Development and evaluation of shelf stability of flaxoat nutty bar in different packaging materials, *Food and Nutrition Sciences*, 4, 538-546.

Pan, W. -C., Liu, Y. -M. and Shiau, S. -Y., 2018, Effect of okara and vital gluten on physico-chemical properties of noodle, *Czech Journal of Food Sciences*, 36 (4), 301-306.

Pan, Z., Qu, W., Ma, H., Atungulu, G. G. and McHugh, T. H., 2011, Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel, *Ultrasonics Sonochemistry*,18 (5), 1249-1257.

Paniwnyk, L., 2014, Application of ultrasound, in: D. -W., Sun (Ed.), Emerging Technologies for Food Processing, Elsevier, pp. 271-291.

Panseri, S., Martino, P. A., Cagnardi, P., Celano, G., Tedesco, D., Castrica, M. and Balzaretti, C., 2018, Feasibility of biodegradable based packaging used for red meat storage during shelf-life: A pilot study, *Food Chemistry*, 249, 22-29.

Paraskevopoulou, A., Provatidou, E., Tsotsiou, D. and Kiosseoglou, V., 2010, Dough rheology and baking performance of wheat flour-lupin protein isolate blends, *Food Research International*, 43, 1009-1016.

Park, S. J. and Baik, B. -K., 2009, Quantitative and qualitative role of added gluten on white salted noodles, *Cereal Chemistry*, 86 (6), 646-652.

Pasqualone, A., Laddomada, B., Centomani, I., Paradiso, V. M., Minervini, D., Caponio, F. and Summo, C., 2017, Bread making aptitude of mixtures of re-milled semolina and selected durum wheat milling by-products, *LWT - Food Science and Technology*, 78, 151-159.

Paşa, R. E., 2010, Tam buğday ekmeği üretimi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Patist, A. and Bates, D., 2008, Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 147-154.

Pedrosa, M. M., Cuadrado, C., Burbano, C., Allaf, K., Haddad, J., Gelencser, E., Takacs, K., Guillamon, E. and Muzquiz, M., 2012, Effect of instant controlled pressure drop on the oligosaccharides, inositol phosphates, trypsin inhibitors and lectins contents of different legumes, *Food Chemistry*, 131 (3), 862-868.

Penn-Marshall, M., Holtzman, G. I. and Barbeau, W. E., 2010, African Americans may have to consume more than 12 grams a day of resistant starch to lower their risk for type 2 diabetes, *Journal of Medicinal Food*, 13 (4), 999-1004.

Perez-Matute, P., Zulet, M. A. and Martinez, J. A., 2009, Reactive species and diabetes: Counteracting oxidative stress to improve health, *Current Opinion in Pharmacology*, 9, 771-779.

Petitot, M., Barron, C., Morel, M. -H. and Micard, V., 2010, Impact of legume flour addition on pasta structure: Consequences on its *in vitro* starch digestibility, *Food Biophysics*, 5, 284-299.

Pınarlı, İ., 2004, Investigation of the properties of macaroni enriched with wheat germ, Doktora Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep.

Piasecka-Jozwiak, K., Ksiezak, J., Slowik, E. and Chablowska, B., 2018, The use of lupin flour as nutritional additive to organic wheat sourdough bread, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 63 (3), 56-61.

Pilvi, T. K., Jauhiainen, T., Cheng, Z. J., Mervaala, E. M., Vapaatalo, H. and Korpela, R., 2006, Lupin protein attenuates the development of hypertension and normalises the vascular function of NaCl-loaded Goto-Kakizaki rats, *Journal of Physiology and Pharmacology*, 57, 167-176.

Pingret, D., Fabiano-Tixier, A. and Chemat, F., 2013, Degradation during application of ultrasound in food processing: A review, *Food Control*, 31, 593-606.

Pisarikova, B. and Zraly, Z., 2010, Dietary fibre content in lupine (*Lupinus albus* L.) and soya (*Glycine max* L.) seeds, *Acta Veterinaria Brno*, 79, 211-216.

Pollard, N. J., Stoddard, F. L., Popineau, Y., Wrigley, C. W. and Macritchie, F., 2002, Lupin flours as additives: Dough mixing, breadmaking, emulsifying and foaming, *Cereal Chemistry*, 79, 662-669.

Pomeranz, Y., Shogren, M., Finney, K. and Bechtel, D., 1977, Fiber in breadmaking-effects on functional properties, *Cereal Chemistry*, 54, 25-41.

Pongjanta, J., Utaipattanaceep, A., Naivikul, O. and Piyachomkwan, K., 2008, *In vitro* starch hydrolysis rate, physico-chemical properties and sensory evaluation of butter cake prepared using resistant starch type III substituted for wheat flour, *Malaysian Journal of Nutrition*, 14 (2), 199-208.

Porres, J. M., Aranda, P., Lopez-Jurado, M. and Urbano, G., 2005, Nutritional potential of raw and free α-galactosides lupin (*Lupinus albus* Var. *multolupa*) seed flours. Effect of phytase treatment on nitrogen and mineral dialyzability, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3088-3094.

Porres, J. M., Aranda, P., Lopez-Jurado, M. and Urbano, G., 2007, Nitrogen fractions and mineral content in different lupin species (*Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius*, and *Lupinus luteus*). Changes induced by the α-galactoside extraction process, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7445-7452.

Pothier, J., Cheav, S. L., Galand, N., Dormeau, C. and Viel, C., 1998, A comparative study of the effects of sparteine, lupanine and lupin extract on the central nervous system of the mouse, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 50, 949-954.

Povey, M. and Mason, T., 1998, Ultrasound in Food Processing, *Blackie Academic and Professional*, London, UK.

Pradeep, P. M., Jayadeep, A., Guha, M. and Singh, V., 2014, Hydrothermal and biotechnological treatments on nutraceutical content and antioxidant activity of rice bran, *Journal of Cereal Science*, 60 (1), 187-192.

Price, G. J., Norris, D. J. and West, P. J., 1992, Polymerization of methyl methacrylate initiated by ultrasound, *Macromolecules*, 25 (24), 6447-6454.

Priyankara, S. K. A., Weerathilake, W. A. D. V., Ranaweera, S. S. E. and Perera, A. N. F., 2009, Effect of vacuum and polybag packing on simple and microwave heat treated parboiled rice bran, *Wayamba Journal of Animal Science*, P9-P13.

Prusinski, J., 2015, Lubin bialy (*Lupinus albus* L.) - historia udomowienia i postępu biologicznego, *Zeszyty Problemowe Postępow Nauk Rolniczych*, 580, 105-119.

Prusinski, J., 2017, White lupin (*Lupinus albus* L.) - nutritional and health values in human nutrition – a review, *Czech Journal of Food Sciences*, 35 (2), 95-105.

Rabah, K. and Abdennour, M., 2012, Effects of adding dry gluten powder to common wheat flour on cooking quality of an Algerian homemade pasta, *Rechta, African Journal of Biotechnology*, 11 (26), 6866-6870.

Raben, A., Tagliabue, A., Christensen, N. J., Madsn, J., Holst, J. J. and Astrup, A., 1994, Resistant Starch: The effect on postprandial glycemia, hormonal response and satiety, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 60, 544-551.

Ragaee, S., Abdel-Aal, E. -S. M. and Noaman, M., 2006, Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use, *Food Chemistry*, 98, 32-38.

Raigond, P., Dutt, S. and Singh, B., 2019, Resistant starch in food, in: J. -M. Merillon and K. G. Ramawat (Eds.), Bioactive Molecules in Food, Reference Series in Phytochemistry, pp. 815-846.

Raigond, P., Ezekiel, R. and Kaundal, B., 2014, Starch fractions of cooked potatoes at low temperature, *Potato Journal*, 41 (1), 58-67.

Raigond, P., Ezekiel, R. and Raigond, B., 2015, Resistant starch in food: A review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 1968-1978.

Raikos, V., Neacsu, M., Russell, W. and Duthie, G., 2014, Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp, and buckwheat flours as affected by pH, *Food Science and Nutrition*, 2 (6), 802-810.

Raisi, M., Ghorbani, M., Mahoonal, A. S., Kashaninejad, M. and Hosseini, H., 2015, Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage, *Journal of Stored Products Research*, 62, 16-21.

Rayas-Duarte, P., Mock, C. M. and Satterlee, L. D., 1996, Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours, *Cereal Chemistry*, 73 (3), 381-387.

Reader, D., Johnson, M. L., Hollander, P. and Franz, M., 1997, Response of resistant starch in a food bar vs. two commercially available bars in persons with type II diabetes mellitus, *Diabetes*, 46 (1), 254A.

Reinhard, H., Rupp, H., Sager, F., Streule, M. and Zoller O., 2006, Quinolizidine alkaloids and phomopsins in lupin seeds and lupin containing food, *Journal of Chromatography A*, 1112, 353-360.

Resendiz-Vazquez, J. A., Ulloa, J. A., Urias-Silvas, J. E., Bautista-Rosales, P. U., Ramirez-Ramirez, J. C., Rosas-Ulloa, P. and Gonzalez-Torres, L., 2017, Effect of high-intensity ultrasound on the technofunctional properties and structure of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed protein isolate, *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 436-444.

Reyes De Corcuera, J. I., Cavalieri, R. P. and Powers, J. R., 2004, Blanching of foods. In: D. Heldman (Ed.), Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering, Marcel Dekker Inc., New York, USA.

Ritthiruangdej, P., Parnbankled, S., Donchedee, S. and Wongsagonsup, R., 2011, Physical, chemical, textural and sensory properties of dried wheat noodles supplemented with unripe banana flour, *The Kasetsart Journal (Natural Science)*, 45 (1), 500-509.

Roberts, R. T., 1993, High intensity ultrasonics in food processing, *Chemistry and Industry*, 15, 119-121.

Rochfort, S. and Panozzo, J., 2007, Phytochemicals for health, the role of pulses, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 7981-7994.

Rodrigues, S., Fernandes, F. A., de Brito, E. S., Sousa, A. D. and Narain, N., 2015, Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jabuticaba peel, *Industrial Crops and Products*, 69 (7), 400-407.

Rodriguez, O., Eim, V., Rossello, C., Femenia, A., Carcel, J. A. and Simal, S., 2018, Application of power ultrasound on the convective drying of fruits and vegetables: Effects on quality, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 1660-1673.

Rodriguez-Amaya, D., 1999, Changes in carotenoids during processing and storage of foods, *Archivos Latinoamericanos de Nutricicion*, 49, 38-47.

Rogers, D. and Hoseney, R., 1982, Problems associated with producing whole wheat bread, *Cereal Foods World*, 27 (9), 451-454.

Rojas, M. L., Leite, T. S., Cristianini, M., Alvim, I. D. and Augusto, P. E. D., 2016, Peach juice processed by the ultrasound technology: Changes in its microstructure improve its physical properties and stability, *Food Research International*, 82, 22-33.

Rojas, M. L., Silveira, I. and Augusto, P. E. D., 2020, Ultrasound and ethanol pre-treatments to improve convective drying: Drying, rehydration and carotenoid content of pumpkin, *Food and Bioproducts Processing*, 119, 20-30.

Rosa-Sibakov, N., Heiniö, R. L., Cassan, D., Holopainen-Mantila, U., Micard, V., Lantto, R. and Sozer, N., 2016, Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta, *LWT - Food Science and Technology*, 67, 27-36.

Rufian-Henares, J. A., Delgado-Andrade, C. and Morales, F. J., 2009, Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry, *Food Chemistry*, 114, 93-99.

Ruiz-Lopez, M. A., Barrientos-Ramirez, L., Garcia-Lopez, P. M., Valdes-Miramontes, E. H., Zamora-Natera, J. F., Rodriguez-Macias, R., Salcedo-Perez, E., Banuelos-Pineda, J. and Vargas-Radillo, J. J., 2019, Nutritional and bioactive compounds in Mexican lupin beans species: A mini-review, *Nutrients*, 11 (8), 1785.

Ruiz-Lopez, M. A., GarcmHa-Lopez, P. M., Castaneda-Vazquez, H., Zamora, N. J. F., Garzohn-De la Mora, P., Banuelos-Pineda, J., Burbano, C., Pedrosa, M. M., Cuadrado, C. and Muzquiz, M., 2000, Chemical composition and antinutrient content of three *Lupinus* species from Jalisco, Mexico, Journal of Food Composition and Analysis, 13, 193-199.

Sabanis, D., Lebesi, D. and Tzia, C., 2009, Effect of dietary fiber enrichment on selected properties of gluten-free bread, *LWT - Food Science and Technology*, 42, 1380-1389.

Saidi, I. A., Efendi, N., Sulistiyowati, W. and Cahyana, A. S., 2019, Quality of rice bran submitted to different stabilization procedures during storage periods, *International Conference on Education, Science and Technology*, 1232, 012046.

Saini, R. K. and Keum, Y. -S., 2018, Carotenoid extraction methods: A review of recent developments, *Food Chemistry*, 240, 90-103.

Sajilata, M. G., Singhal, R. S. and Kulkarni, P. R., 2006, Resistant starch - A review, *Comprehensive Reviews im Food Science and Food Safety*, 5, 1-17.

Salisova, M., Toma, S. and Mason, T. J., 1997, Comparison of conventional and ultrasonically assisted extractions of pharmaceutically active compounds from *Salvia officinalis*, *Ultrasonics Sonochemistry*, 4 (2), 131-134.

Salmenkallio-Marttila, M., Roininen, K., Autio, K. and Lahteenmaki, L., 2004, Effects of gluten and transglutaminase on microstructure, sensory characteristics and instrumental texture of oat bread, *Agricultural and Food Science*, 13, 138-150.

Samray, M. N., 2018, Enzime dirençli nişasta ilavesinin galeta unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Sanchez, E. S., Simal, S., Femenia, A., Benedito, J. and Rossello, C., 2001, Effect of acoustic brining on lipolysis and on sensory characteristics of Mahon cheese, *Journal of Food Science*, 66, 892-896.

Sanford, L. L., Kobayashi, R. S., Deahl, K. L. and Sinden, S. L., 1997, Diploid and tetraploid *Solanum chacoense* genotypes that synthesize leptine glycoalkaloids and deter feding by Colorado potato beetle, *American Journal of Potato Research*, 74, 15-21.

Sankhon, A., Amadou, I. and Yao, W. -R., 2013, Application of resistant starch in bread: Processing, proximate composition and sensory quality of functional bread products from wheat flour and African locust bean (*Parkia biglobosa*) flour, *Agricultural Sciences*, 4 (5B), 122-129.

Santana, F. C. and Empis, J., 2001, Bacterial removal of quinolizidine alkaloids from *Lupinus albus* flours, *European Food Research and Technology*, 212, 217-224.

Santhirasegaram, V., Razali, Z. and Somasundram, C., 2013, Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (5), 1276-1282.

Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S. M., 2008a, Evaluation of four types of resistant starch in muffin baking performance and relationship with batter rheology, *European Food Research and Technology*, 227, 813-819.

Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S. M., 2008b, Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fiber benefit, *Food Hydrocolloids*, 22, 543-549.

Sanz, T., Salvador, A., Baixauli, R. and Fiszman, S. M., 2009, Evaluation of four types of resistant starch in muffins. II. Effects in texture, colour and consumer response, *European Food Research and Technology*, 229, 197-204.

Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., Collar, C. and Haros, M., 2010, Impact of the addition of resistant starch from modified pea starch on dough and bread performance, *European Food Research and Technology*, 231, 499-508.

Sapirstein, H. D., David, P., Preston, K. R. and Dexter, J. E., 2007, Durum wheat breadmaking quality: Effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time, *Journal of Cereal Science*, 45, 150-161.

Sarka, E., Kubova, M., Wiege, I., Horak, P., Smrckova, P., Dvoracek, V. and Chena, D., 2017, Two resistant starches applied in bread, *Czech Journal of Food Sciences*, 35, 67-72.

Sarteshnizi, R. A., Hosseini, H., Bondarianzadeh, D. and Colmenero, F. J., 2015, Optimization of prebiotic sausage formulation: Effect of using β-glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach, *LWT - Food Science and Technology*, 62 (1), 704-710.

Saunders, R. M., 1990, The properties of rice bran as a foodstuff, *Cereal Foods World*, 35, 632-636.

Schakel, S., Schauer, R., Himes, J., Harnack, L. and Van Heel, N., 2008, Development of a glycemic index database for dietary assessment, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, S50-S55.

Scherba, G., Wrigel, R. M. and O'Brien, W. D., Jr., 1991, Quantitative assesment of the germicidal efficacy of ultrasonic energy, *Applied and Enviromental Microbiology*, 57, 2079-2084.

Scholz-Ahrens, E., Ade, P., Marten, B., Weber, P., Timm, W., Açil, Y., Glüer, C. -C. and Schrezenmeir, J., 2007, Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure, *Journal of Nutrition*, 137, 838-846.

Seacheol, M. and Zhang, Q. H., 2005, Packaging for non thermal food processing, in: J. H. Haan (Ed.), Innovation in Food Packaging, p. 482.

Severini, C., Gomes, T., Pilli, T. D., Romani, S. and Massini, R., 2000, Autoxidation of packed almonds as affected by maillard reaction volatile compounds derived from roasting, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4635-4640.

Severini, C., Romani, S. and Lerici, C. R., 1995, Interazione tra imbrunimento non enzimatico (NEB) e ossidazione lipidica degli alimenti: Studio sulla nocciola (*Corylus avellana*) tostata, *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 72, 451-453.

Sharanagat, V. S., Suhag, R., Anand, P., Deswal, G., Kumar, R., Chaudhary, A., Singh, L., Kushwah, O. S., Mani, S., Kumar, Y. and Nema, P. K., 2019, Physico-functional, thermo-pasting and antioxidant properties of microwave roasted sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], *Journal of Cereal Science*, 85, 111-119.

Sharma, A., Yadav, B. S. and Ritika, 2008, Resistant starch: Physiological roles and food applications, *Food Reviews International*, 24, 193-234.

Sharma, G. K., Madhura, C. V. and Arya, S. S., 1990, Interaction of plastic films with foods, II effect of polyethylene and polypropylene films on the stability of vegetable oils, *Journal of Food Science and Technology*, 27 (6), 328-331.

Sharma, H. R., Chauhan, G. S. and Agrawal, K., 2004, Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking, *International Journal of Food Properties*, 7 (3), 603-614.

Sharma, P. and Gujral, H. S., 2011, Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley, *Food Research International*, 44 (1), 235-240.

Sharma, S. and Singh, S., 2017, Comparison of cell wall constituents, nutrients and anti-nutrients of lupin genotypes, *Legume Research*, 40 (3), 478-484.

Shin, D. -J., Kim, W. and Kim, Y., 2013, Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour, *Food Chemistry*, 141, 517-523.

Shin, M. -S., Woo, K. -S. and Seib, P. A., 2002, Supplementations of resistant starches to Asian noodles, *Food Science and Biotechnology*, 11 (4), 365-370.

Shreenithee, C. R. and Prabhasankar, P., 2013, Effect of different shapes on the quality, microstructure, sensory and nutritional characteristics of yellow pea flour incorporated pasta, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 7, 166-176.

Shyu, Y. -S., Hwang, J. -Y., Huang, T. -C. and Sung, W. -C., 2018, Effect of resistant starch on physicochemical properties of wheat dough and bread, *Journal of Food and Nutrition Research*, 6 (5), 335-340.

Sicaire, A. G., Vian, M. A., Fine, F., Carre, P., Tostain, S. and Chemat, F., 2016, Ultrasound induced green solvent extraction of oil from oleaginous seeds, *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 319-329.

Siger, A. L., Czubinski, J., Kachlicki, P., Dwiecki, K., Lampart-Szczapa, E., Nogala-Kalucka, M., 2012, Antioxidant activity and phenolic content in three Lupin species, *Journal of Food Composition and Analysis*, 25, 190-197.

Sissons, M. J., Egan, N. E. and Gianibelli, M. C., 2005, New insights into the role of gluten on durum pasta quality using reconstitution method, *Cereal Chemistry*, 82, 601-608.

Sissons, M., Aravind, N. and Fellows, C. M., 2010, Quality of fiber-enriched spaghetti containing microbial transglutaminase, *Cereal Chemistry*, 87, 57-64.

Sjövall, O., Virtalaine, T., Lapvetelainen, A. and Kallio, H., 2000, Development of rancidity in wheat germ analyzed by headspace gas chromatography and sensory analysis, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (8), 3522-3527.

Skibsted, L. H., 2012, Carotenoids in antioxidant networks colorants or radical scavengers, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (10), 2409-2417.

Skujins, S., 1998, Handbook for ICP-AES (Vartian-Vista). A Short Guide to Vista Series ICP-AES Operation, Variant Int. AG, Zug, Switzerland.

Slinkard, M., 2014, Fortification of pasta with chickpea and quinoa flours, MSc Thesis, *University of Missouri Food Science and Nutrition*, Columbia.

Sluimer, P., 2005, Principles of breadmaking: Functionality of raw materials and process steps, St. Paul: The American Association of Cereal Chemists, Inc.

Smith, S., Choy, R., Johnson, S., Hall, R., Wildeboer-Veloo, A. and Welling, G., 2006, Lupin kernel fiber consumption modifies fecal microbiota in healthy men as determined by rRNA gene fluorescent in situ hybridization, *European Journal of Nutrition*, 45, 335-341.

Somiari, R. J. and Balogh, E., 1993, Effects of soaking, cooking, and crude α-galactosidase content of cowpea flours, *Journal of Food Science*, 61, 339-343.

Sommer, A., 2008, Vitamin A deficiency and clinical disease: A historical overview, *The Journal of Nutrition*, 138 (10), 1835-1839.

Sözer, N. and Kaya, A., 2003, Changes in cooking and textural properties of spaghetti cooking with different levels of salt in the cooking water, *Journal of Texture Studies*, 34, 381-390.

Sözer, N., 2006, Dirençli nişasta katkılı spagettinin reolojik özellikleri, Doktora Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep.

Sözer, N., Dalgic, A. C. and Kaya, A., 2007, Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch, *Journal of Food Engineering*, 18, 476-484.

Srikaeo, K. and Sangkhiaw, J., 2014, Effects of amylose and resistant starch on glycaemic index of rice noodles, *LWT - Food Science and Technology*, 59, 1129-1135.

Srivastava, A. K., Sudha, M. L., Baskaran, V. and Leelavathi, K., 2007, Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough, *European Food Research and Technology*, 224, 365-372.

Stamataki, N. S., Yanni, A. E. and Karathanos, V. T., 2017, Bread making technology influences postprandial glucose response: A review of the clinical evidence, *British Journal of Nutrition*, 117 (7), 1001-1012.

Stanisavljevic, I. T., Velickovic, D. T., Todorovic, Z. B., Lazic, M. L. and Veljkovic, V. B., 2009, Comparison of techniques for the extraction of tobacco seed oil, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111 (5), 513-518.

Stephany, M., Bader-Mittermaimer, S., Schweiggert-Weisz, U. and Carle, R., 2015, Lipoxygenase activity in different species of sweet lupin (*Lupinus* L.) seeds and flakes, *Food Chemistry*, 174, 400-406.

Stephensen, C. B., 2013, Provitamin A carotenoids and immune function, in: S. A. Tanumihardjo (Ed.), Carotenoids and Human Health, Humana Press, pp. 261-270.

Stewart, M. L. and Zimmer, J. P., 2017, A high fiber cookie made with resistant starch type 4 reduces post-prandial glucose and insulin responses in healthy adults, *Nutrients*, 9, 237.

Stojanovic, J. and Silva, J. L., 2007, Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical propertiesof rabbiteye blueberries, *Food Chemistry*, 101, 898-906.

Sudha, M. L. and Leelavathi, K., 2012, Effect of blends of dehydrated green pea flour and amaranth seed flour on the rheological, microstructure and pasta making quality, *Journal of Food Science and Technology*, 49 (6), 713-720.

Sudha, M. L., Ramasarma, P. R. and Rao, G. V., 2011, Wheat bran stabilization and its use in the preparation of high-fiber pasta, *Food Science and Technology International*, 17 (1), 47-53.

Sui, Z., Shah, A. and BeMiller, J. N., 2011, Cross-linked and stabilized in-kernel heat-moisture-treated and temperature-cycled normal maize starch and effects of reaction conditions on starch properties, *Carbohydrate Polymers*, 86, 1461-1467.

Sunil, C. K., Chidanand, D. V., Manoj, D., Choudhary, P. and Rawson, A., 2018, Effect of ultrasound treatment on dehulling efficiency of blackgram, *Journal of Food Science and Technology*, 55 (7), 2504-2513.

Suslick, K. S., 1988, In ultrasounds: Its chemical, physical and biological effects, Homogenous Sonochemistry, VCH Publishers, New York., pp. 123-164.

Svec, I., Hruskova, M., Vitova, M. and Sekerova, H., 2008, Colour evaluation of different pasta samples, *Czech Journal of Food Sciences*, 26 (6), 421-427.

Swan, K., 2000, Potential and challenges in the marketing of lupins for food and feed, in: R. Knight (Ed.): Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century, Proceeding of the 3rd International Food Legumes Research Conference (IFLRC III), Sept 22–26, 1997, Adelaide, South Australia, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 517-520.

Sweedman, M. C., Tizzotti, M. J., Schafer, C. and Gilbert, R. G., 2013, Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: A review, *Carbohydrate Polymers*, 92, 905-920.

Tacer-Caba, Z. and Nilufer-Erdil, D., 2018, Resistant starch, in: G. Smithers (Ed.), Reference Module in Food Science, Amsterdam, Elsevier.

Tachon, S., Zhou, J., Keenan, M., Martin, R. and Marco, M. L., 2013, The intestinal microbiota in aged mice is modulated by dietary resistant starch and correlated with improvements in host responses, *Fems Microbiology Ecology*, 83, 299-309.

Takacs, K., Gelencser, E. and Kovacs, E. T., 2008, Effect of transglutaminase on the quality of wheat-based pasta products, *European Food Research and Technology*, 226, 603-611.

Tapsell, L. C., 2004, Diet and metabolic syndrome: Where does resistant starch fit in? *Journal of the Association of Analytical Chemists International*, 87 (3), 756-760.

Taşan, B., 2008, Unların ekmeklik kalitesinin belirlenmesinde otomatik ekmek makinelerinin kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Van.

Tazrart, K., Zaidi, F., Lamacchia, C. and Haros, M., 2016, Effect of durum wheat semolina substitution with broad bean flour (*Vicia faba*) on the *Maccheronccini* pasta quality, *European Food Research and Technology*, 242, 477-485.

Tekin, Z. H., Başlar, M., Karasu, S. and Kılıçlı, M., 2016, Dehydration of green beans using ultrasound-assisted vacuum drying as a novel technique: Drying kinetics and quality parameters, *Journal of Food Processing and Preservation*, e13227, 1-10.

Temba, M. C., Njobeh, P. B. and Kayitesi, E., 2017, Storage stability of maize-groundnut composite flours and an assessment of aflatoxin B1 and ochratoxin A contamination in flours and porridges, *Food Control*, 71, 178-186.

Teng, H. and Choi, Y. H., 2014, Optimization of ultrasonic-assisted extraction of bioactive alkaloid compounds from rhizoma coptidis (*Coptis chinensis* Franch) using response surface methodology, *Food Chemistry*, 142, 299-305.

Thanonkaew, A., Wongyai, S., McClements, D. J. and Decker, E. A., 2012, Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 48 (2), 231-236.

Tharanathan, R. N. and Mahadevamma, S., 2003, Grain legumes - a boon to human nutrition, *Trends in Food Science and Technology*, 14, 507-518.

Tian, Z. M., Wan, M. X., Wang, S. P. and Kang, J. Q., 2004, Effects of ultrasound and additives on the function and structure of trypsin, *Ultrasonics Sonochemistry*, 11 (6), 399-404.

Tiboonbun, W., Sungsri-in, M. and Moongngarm, A., 2011, Effect of replacement of unripe bana flour for rice flour on physical properties and resistant starch content of rice noodle, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 57, 608-611.

Tizazu, H. and Emire, S. A., 2010, Chemical composition, physicochemical and functional properties of lupin (*Lupinus albus*) seeds grown in Ethiopia, *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 10 (8), 3029-3046.

Todorov, N. A., Pavlov, D. C. and Kostov, K. D., 1996, Lupin (*Lupinus* spp.), in: E. Nwokolo and J. Smartt (Eds.), Legumes and Oilseeds in Nutrition, Chapman and Hall, pp. 113-123.

Tolouie, H., Mohammadifar, M. A., Ghomi, H., Yaghoubi, A. S. and Hashemi, M., 2018, The impact of atmospheric cold plasma treatment on inactivation of lipase and lipoxygenase of wheat germs, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47, 346-352.

Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. and Mason, T. J., 2001, Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 137-142.

Topçu, B., 2017, Yulaf unu ile üretilen ekmeklerde fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesine proses etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul.

Topping, D. L., Fukushima, M. and Bird, A. R., 2003, Resistant starch as a prebiotic and synbiotic: State of the art, *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 171-176.

Torres, A., Frias, J., Granito, M., Guerra, M. and Vidal-Valverde, C., 2007, Chemical, biological and sensory evaluation of pasta products supplemented with α-galactoside-free lupin flours, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 74-81.

Tsaliki, E., Lagouri, V. and Doxastakis, G., 1999, Evaluation of the antioxidant activity of lupin seed flour and derivatives (*Lupinus albus* ssp. Graecus), *Food Chemistry*, 65, 71-75.

Tsiaka, T., Zoumpoulakis, P., Sinanoglou, V. J., Makris, C., Heropoulos, G. A. and Calokerinos, A. C., 2015, Response surface methodology toward the optimization of high-energy carotenoid extraction from *Aristeus antennatus* shrimp, *Analytica Chimica Acta*, 877, 100-110.

Tudorica, C. M., Kuri, V. and Brennan, C. S., 2002, Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (2), 347-356.

Tuluk, K., 2017, Farklı oranlarda lupin unu kullanılarak üretilen beyaz ekmek ve tam buğday ekmeğinin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İzmir.

Türksoy, S., Özkaya, B. and Akbaş, Ş., 2010, The effect of wheat variety and flour extraction rate on phytic acid content of bread, *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (2), 178-181.

Uauy, R., Gattas, V. and Yanez, E., 1995, Sweet lupins in human nutrition, *World Review of Nutrition and Diet*, 77, 75-78.

Uğurlu, S., 2018, Ultrasonikasyon ile yeşil cevizlerde acılığın giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van.

Utrilla-Coello, R. G., Osorio-Diaz, P. and Bello-Perez, L. A., 2007, Alternative use of chickpea flour in breadmaking: Chemical composition and starch digestibility of bread, *Food Science and Technology International*, 13 (4), 323-327.

Ünaldı, Z., 2012, Farklı stabilizasyon ve depolama sıcaklıklarının buğday ruşeym yağı oksidasyonuna etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N. and Lizama, V., 2007, Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing, *Journal of Food Engineering*, 80, 509-516.

van de Noort, M., 2017, Lupin: An important protein and nutrient source, in: S. R. Nadathur, J. P. D. Wanasundara and L. Scanlin (Eds.), Sustainable Protein Sources, Academic Press, pp. 165-183.

Venkatesh-Murthy, K., Ravi, R., Keshava-Bhat, K. and Raghavarao, K. S. M. S., 2008, Studies on roasting of wheat using fluidized bed roaster, *Journal of Food Engineering*, 89, 336-342.

Vercet, A., Burgos, J. and Lopez-Buesa, P., 2001, Manothermosonication of foods and food-resembling system: Effect on nutrient content and nonenzymatic browning, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 483-489.

Vercet, A., Lopez, P. and Burgos, J., 1997, Inactivation of heat resistant lipase and protease from *Pseudomonas fluorescens* by manothermosonication, *Journal of Dairy Research*, 80, 29-36.

Vernaza, M. G., Biasutti, E., Schmiele, M., Jaekel, L. Z., Bannwart, A. and Chang, Y. K., 2012, Effect of supplementation of wheat flour with resistant starch and monoglycerides in pasta dried at high temperatures, *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1302-1312.

Vignaux, N., Doehler, D. C., Elias, E. M., McMullen, M. S., Grant, L. A. and Kianian, S. F., 2005, Quality of spaghetti made from full and partial waxy durum wheat, *Cereal Chemistry*, 82, 93-100.

Villamiel, M., van Hamersveld, E. H. and De Jong, P., 1999, Effect of ultrasound processing on the quality of dairy products, *Milchwissenchaft*, 54, 69-74.

Villarino, C. B. J., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., Foley, R., Fanning, K. and Johnson, S. K., 2015, The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) addition to

wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality, *Food Research International*, 76, 58-65.

Villarino, C. B., 2014, Maximising the nutritional and sensory quality of lupin bread made using western Australian bakers flour, Ph.D Dissertation, *Curtin University Food Science and Nutrition*, Australia.

Vinatoru, M., 2001, An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs, *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 303-313.

von Baer, D., Reimerdes, E. H. and Feldheim, W., 1979, Methoden zur bestimmung der chinolizidin alkaloide in *Lupinus mutabilis*, *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 169, 27-31.

Wambura, P., Yang, W. and Wang, Y., 2008, Power ultrasound enhanced one-step soaking and gelatinization for rough rice parboiling, *International Journal of Food Engineering*, 4, 1-12.

Wandersleben, T., Morales, E., Burgos-Diaz, C., Barahona, T., Labra, E., Rubilar, M. and Salvo-Garrido, H., 2018, Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix of natural ingredients from novel varieties of flaxseed and lupine, *LWT - Food Science and Technology*, 91, 48-54.

Wang, M., Huang, B., Fan, C., Zhao, K., Hu, H., Xu, X., Pan, S. and Liu, F., 2016, Characterization and functional properties of mango peel pectin extracted by ultrasound assisted citric acid, *International Journal of Biological Macromolecules*, 91 (10), 794-803.

Wang, N., Hatcher, D. W., Tyler, R. T., Toews, R. and Gawalko, E. J., 2010, Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.), *Food Research International*, 43 (2), 589-594.

Wang, S. F., Errington, S., Sweetingham, M., Yap, H. H. and Smith, L., 2008, Studies on carotenoids from lupin seeds, in: Proceedings of 12th International Lupin Conference (J. A. Palata and J. D. Berger, Eds.), International Lupin Association, Fremantle,Western Australia, pp. 198-202.

Wang, S., Tang, J., Sun, T., Mitcham, E. J., Koral, T. and Birla, S. L., 2006, Considerations in design of commercial radio frequency treatments for postharvest pest control in in-shell walnuts, *Journal of Food Engineering*, 77 (2), 304-312.

Wang, Y., Zhang, M., Mujumdar, A. S. and Mothibe, K. J., 2012, Microwave-assisted pulse-spouted bed freeze-drying of stem lettuce slices-effect on product quality, *Food and Bioprocess Technology*, 6 (12), 3530-3543.

Wang, Z., Han, F., Sui, X., Qi, B., Yang, Y., Zhang, H., Wang, R., Lia, Y. and Jiang, L., 2016, Effect of ultrasound treatment on the wet heating Maillard reaction between mung bean [*Vigna radiate* (L.)] protein isolates and glucose and on structural and physicochemical properties of conjugates, *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 1532-1540.

Wasche, A., Müller, K. and Knauf, U., 2001, New processing of lupin protein isolates and functional properties, *Nahrung/Food*, 45, 393-395.

Wasilewko, J. and Buraczewska, L., 1999, Chemical composition including content of amino acids, minerals and alkaloids in seeds of three lupin species cultivated in Poland, *Journal of Animal and Feed Sciences*, 8, 1-12.

Weerathilake, W. A. D. V., Ranawana, S. S. E., Abeynayake N. R. and Perera, A. N. F., 2012, Effect of parboiling, heat treatment and packaging on rancidity development in rice bran, *International Symposium on Agriculture and Environment*, Ruhuna, Wellmadama, Matara, Sri Lanka, 29 November, 2012, pp. 92-94.

Weng, Z. -J., Wang, B. -J. and Weng, Y. -M., 2020, Preparation of white salted noodles using rice flour as the principal ingredient and the effects of transglutaminase on noodle qualities, *Food Bioscience*, 33, 100501.

Willhoft, E. M. A., 1973, Mechanism and theory of staling of bread and baked goods and associated changes in textural properties, *Journal of Texture Studies*, 4, 292-322.

Wojciechowicz-Budzisz, A., Gil, Z., Spychaj, R., Czaja, A., Pejcz, E., Czubaszek, A. and Zmijewski, M., 2015, Effect of acetylated retrograded starch (resistant starch RS4) on the nutritional value and microstructure of the crumb (SEM) of wheat bread, *Journal of Food Processing and Technology*, 6 (6), 1-5.

Wojtowicz, A. and Mosciki, L., 2014, Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta, *LWT - Food Science and Technology*, 59, 1175-1185.

Woo, K. S. and Seib, P. A., 2002, Cross-linked resistant starch, preparation and properties, *Cereal Chemistry*, 79, 819-825.

Wood, J. A., 2009, Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality, *Journal of Cereal Science*, 49, 128-133.

Wu, J., Gamage, T. V., Vilkhu, K. S., Simons, L. K. and Mawson, R., 2008, Effect of thermosonication on quality improvement of tomato juice, *Innovative Food Science Emerging Technology*, 9, 186-195.

Wu, P., Zhao, T. and Tian, J. -C., 2010, Phytic acid contents of wheat flours from different mill streams, *Agricultural Sciences in China*, 9 (11), 1684-1688.

Xie, X. S., Qiang, L. and Steve, W. C., 2006, Studies on the granular structure of resistant starches (type 4) from normal, high amylose and waxy corn starch citrates, *Food Research International*, 39 (3), 332-341.

Xu, B., Wang, L. K., Miao, W. J., Wu, Q. F., Liu, Y. X., Sun, Y. and Gao, C., 2016, Thermal versus microwave inactivation kinetics of lipase and lipoxygenase from wheat germ, *Journal of Food Process Engineering*, 39 (3), 247-255.

Xu, B., Zhou, S. L., Miao, W. J., Gao, C., Cai, M. J. and Dong, Y., 2013, Study on the stabilization effect of continuous microwave on wheat germ, *Journal of Food Engineering*, 117 (1), 1-7.

Yadav, D. N., Anand, T., Kaur, J. and Singh, A. K., 2012, Improved storage stability of pearl millet flour through microwave treatment, *Agricultural Research*, 1 (4), 399-404.

Yalçın, S. and Başman, A., 2008, Quality characteristics of corn noodles containing gelatinized starch, transglutaminase and gum, *Journal of Food Quality*, 31, 465-479.

Yan, F., Fan, K., He, J. and Gao, M., 2015, Ultrasonic-assisted solvent extraction of carotenoids from rapeseed meal: Optimization using response surface methodology, *Journal of Food Quality*, 38 (6), 377-386.

Yan, T. Y. and Chung, J. H., 2004, Development and performance evaluation of an automatic vacuum packer of the continuous type, *Biosystems Engineering*, 89 (2), 151-158.

Yang, F., Liu, X., Ren, X. E., Huang, Y., Huang, C. and Zhang, K., 2018, Swirling cavitation improves the emulsifying properties of commercial soy protein isolate, *Ultrasonics Sonochemistry*, 42, 471-481.

Yang, L., Wang, H., Zu, Y. G., Zhao, C., Zhang, L., Chen, X. and Zhang, Z., 2011, Ultrasound-assisted extraction of the three terpenoid indole alkaloids vindoline, catharanthine and vinblastine from *Catharanthus roseus* using ionic liquid aqueous solutions, *Chemical Engineering Journal*, 172 (2-3), 705-712.

Yang, X., Li, Y., Li, S., Ren, X., Oladejo, A. O., Lu, F. and Ma, H., 2020, Effects and mechanism of ultrasound pretreatment of protein on the Maillard reaction of protein-hydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), *Ultrasonics Sonochemistry*, 64, 104964.

Yao, Y., Pan, Y. and Liu, S., 2020, Power ultrasound and its applications: A state-of-the-art review, *Ultrasonics Sonochemistry*, 62, 104722.

Yarpuz, D., 2011, Glutensiz ekmek üretimi üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Yasa, I. W. S., Prarudiyanto, A. and Basuki, E., 2018, The change of rice bran nutritional composition using microwave heating and vacuum packaging during storage, *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 3 (10), 134-140.

Yaver, E. and Bilgiçli, N., 2018, Utilisation of cereal-legume flour blends in commercial and traditional bread, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 10 (3), 297-306.

Ye, J., Feng, L., Xiong, J. and Xiong, Y., 2011, Ultrasound-assisted extraction of corn carotenoids in ethanol, *International Food Science and Technology*, 46, 2131-2136.

Yeo, L. L. and Seib, P. A., 2009, White pan bread and sugar-snap cookies containing wheat starch phosphate, a cross-linked resistant starch, *Cereal Chemistry*, 86 (2), 210-220.

Yeyinli, N., 2006, Makarna kalitesinin belirlenmesinde tekstürel yöntemlerin kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Ens*titüsü, Manisa.

Yıldırım, A. and Öner, M. D., 2015, Electrical conductivity, water absorption, leaching, and color change of chickpea (*Cicer arietinum* L.) during soaking with ultrasound treatment, *International Journal of Food Properties*, 18, 1359-1372.

Yıldız, G., 2009, Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) ununun geleneksel Türk ekmeklerinde kullanılma imkanları üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Yıldız, M., 2012, Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) ve lüpen (*Lupinus albus* L.) unlarının glutensiz bisküvi üretiminde kullanımı üzerine bir araştırma, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Yılmaz, N., 2014, Pirinç kepeğinin kısa dalga infrared (kızılötesi) enerji ile stabilizasyonu ve stabilize kepeğin gıda ürünlerinde değerlendirilmesi, Doktora Tezi, *Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Çanakkale.

Yılmaz, Ö. M., 2011, Türkiye'de yetiştirilen başlıca buğday çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin ve fenolik asit dağılımlarının belirlenmesi ve ekmeğin nar kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara.

Yingyuad, S., Ruamsin, S., Reekprkhon, D., Douglas, S., Pongamphai, S. and Siripatrawan, U., 2006, Effect of chitosan coating and vacuum packaging on the quality of refrigerated grilled pork, *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 19 (3), 149-157.

Yoo, J. S., Seog, E. J. and Lee, J. H., 2006, Bread quality as influenced by sweet pumpkin powder, *Journal of Food Science and Nutrition*, 11, 339-343.

Yorgancılar, M. and Bilgiçli, N., 2014, Chemical and nutritional changes in bitter and sweet lupin seeds (*Lupinus albus* L.) during bulgur production, *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1384-1389.

Yorgancılar, M., Atalay, E. ve Babaoğlu, M., 2009, Acılığı giderilmiş termiye tohumlarının (Lüpen = *Lupinus albus* L.) mineral içeriği, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23 (50), 10-15.

Yorgancılar, M., Torun, A. and Aydın, C., 2018, Some physical properties and nutritional compositions of lupin (*Lupinus albus* L.) seed in Turkey, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32 (3), 407-411.

Yoshida, H., 1994, Composition and quality characteristics of sesame seed (*Sesamum indicum*) oil roasted at different temperatures in an electric oven, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 65, 331-336.

Younes, H., Levrat, M. A., Demige, C. and Remesy, C., 1995, Resistant starch is more effective than cholestyramine as a lipid-lowering agent in the rat, *Lipids*, 30, 847-853.

Yu, C. W., Hu, Q. R., Wang, H. W. and Deng, Z. Y., 2020, Comparison of 11 rice bran stabilization methods by analyzing lipase activities, *Journal of Food Processing and Preservation*, e14370.

Yu, H., Zhong, Q., Liu, Y., Guo, Y., Xie, Y., Zhou, W. and Yao, W., 2020, Recent advances of ultrasound-assisted Maillard reaction, *Ultrasonics Sonochemistry*, 64, 104844.

Yu, L., Haley, S., Perret, J. and Harris, M., 2004, Comparison of wheat flours grown at different locations for their antioxidant properties, *Food Chemistry*, 86, 11-14.

Zamora, R. and Hidalgo, F. J., 2011, The Maillard reaction and lipid oxidation, *Lipid Technology*, 23 (3), 59-62.

Zamuz, S., Lopez-Pedrouso, M., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Dominguez, H. and Franco, D., 2018, Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential, *Food Research International*, 112, 263-273.

Zanardi, E., Dorigoni, V., Badiani, A. and Chizzolini, R., 2002, Lipid and colour stability of Milano-type sausages: Effect of packing conditions, *Meat Science*, 61, 7-14.

Zeng, H., Huang, C., Lin, S., Zheng, M., Chen, C., Zheng, B. and Zhang, Y., 2017, Lotus seed resistant starch regulates gut microbiota and increases short-chain fatty acids production and mineral absorption in mice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (42), 9217-9225.

Zghal, M. C., Scanlon, M. G. and Sapirstein, H. D., 2001, Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb, *Cereal Chemistry*, 78, 1-7.

Zhang, H., Chen, G., Liu, M., Mei, X., Yu, Q. and Kan, J., 2020, Effects of multi-frequency ultrasound on physicochemical properties, structural characteristics of gluten protein and the quality of noodle, *Ultrasonics Sonochemistry*, 105135.

Zhang, L., Zhou, C., Wang, B., Yagoub, A. E. A., Ma, H., Zhang, X. and Wu, M., 2017, Study of ultrasonic cavitation during extraction of the peanut oil at varying frequencies, *Ultrasonics Sonochemistry*, 37 (7), 106-113.

Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S. and Wang, S., 2006, Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables, *Trends in Food Science and Technology*, 17 (10), 524-534.

Zhao, B., Basir, O. A. and Mittal, G. S., 2003, Detection of metal, glass and plastic pieces in bottled beverages using ultrasound, *Food Research International*, 36, 513-521.

Zhao, C. B., Zhou, L. Y., Liu, J. Y., Zhang, Y., Chen, Y. and Wu, F., 2016, Effect of ultrasonic pretreatment on physicochemical characteristics and rheological properties of soy protein/sugar Maillard reaction products, *Journal of Food Science and Technology*, 53, 2342-2351.

Zhao, Y. H., Manthey, F. A., Chang, S. K., Hou, H. and Yuan, S. H., 2005, Quality characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil, and chickpea flours, *Journal of Food Science*, 70 (6), 371-376.

Zheng, L. and Sun, D. -W., 2005, Ultrasonic assistance of food freezing, in: D. -W, Sun (Ed.), Emerging technologies for food processing, 1st edn. Elsevier, London, UK, pp. 603-627.

Zheng, L. and Sun, D. -W., 2006, Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes - a review, *Trends Food Science and Technology*, 17, 16-23.

Zhu, F. and Li, H., 2019, Modification of quinoa flour functionality using ultrasound, *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 305-310.

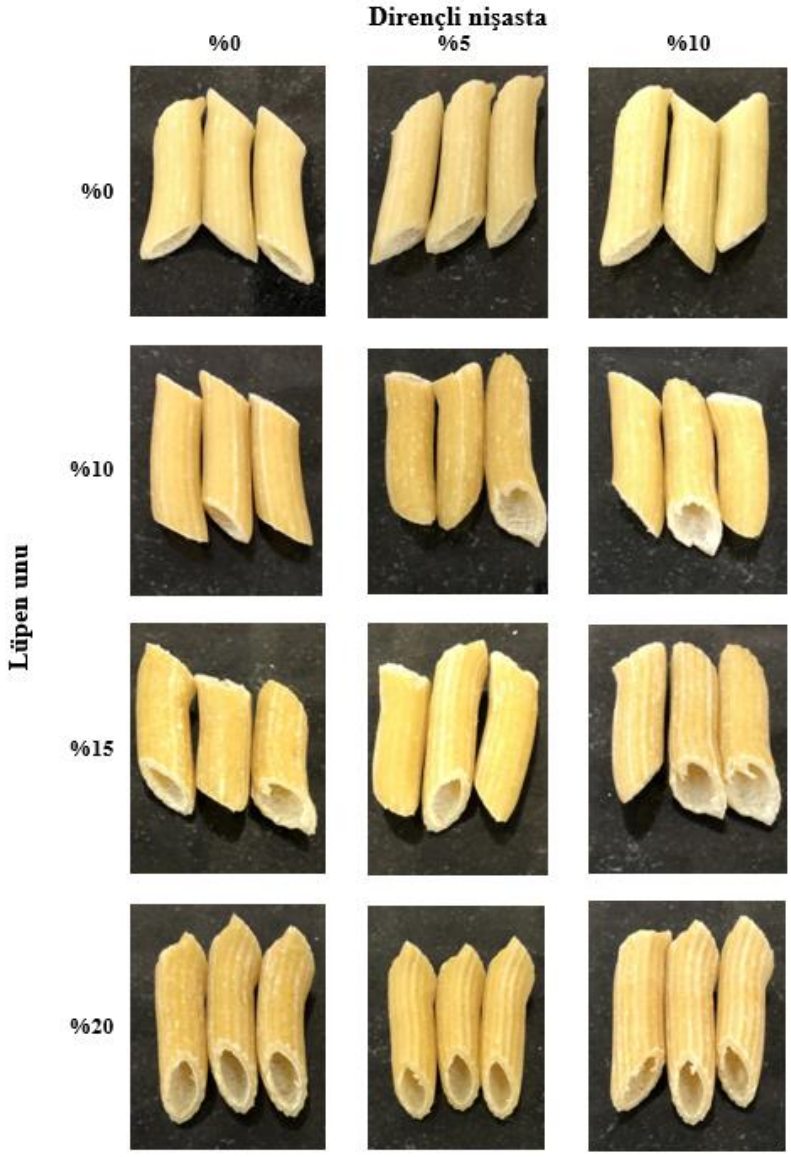
Zou, Y., Yang, M., Zhang, G., He, H. and Yang, T., 2015, Antioxidant activities and phenolic compositions of wheat germ as affected by the roasting process, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92 (9), 1303-1312.

Zuniga-Salcedo, M. R., Ulloa, J. A., Bautista-Rosales, P. U., Rosas-Ulloa, P., Ramirez-Ramirez, J. C., Silva-Carrillo, Y., Gutierrez-Leyva, R. and Hernandez, C., 2019, Effect of ultrasound treatment on physicochemical, functional and nutritional properties of a safflower (*Carthamus tinctorius* L.) protein isolate, *Italian Journal of Food Science*, 31, 591-603.

EKLER

EK-1 GALU ve UALU kullanılarak üretilen makarna örnekleri

GALU kullanılarak üretilen makarna örnekleri

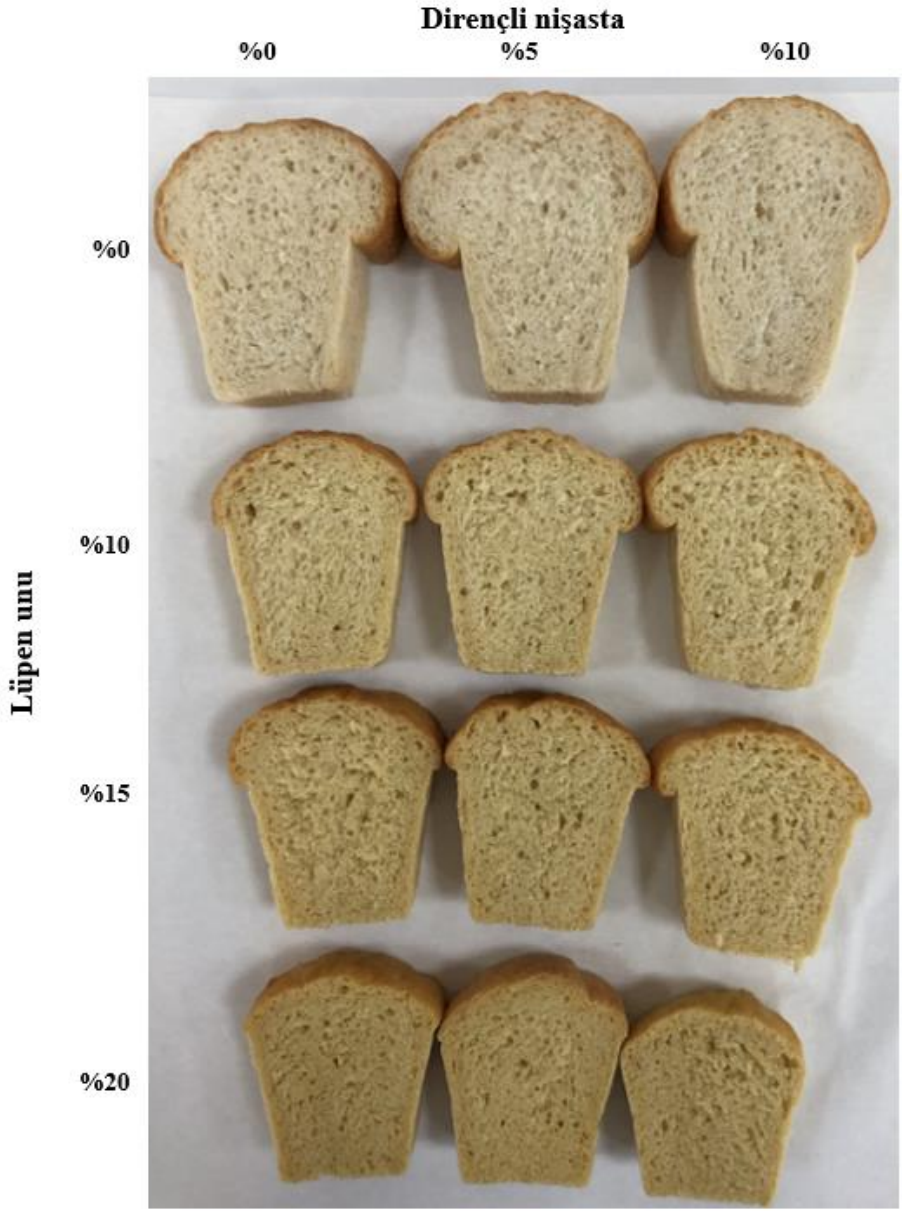


UALU kullanılarak üretilen makarna örnekleri

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen makarna örnekleri

EK-2 GALU ve UALU kullanılarak üretilen ekmek örnekleri

GALU kullanılarak üretilen ekmek örnekleri



UALU kullanılarak üretilen ekmek örnekleri

Farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen ekmek örnekleri