



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI ÇİMLENDİRME SÜRELERİ
UYGULANMIŞ KAVUZLU VE KAVUZSUZ
YULAF GENOTİPLERİNİN (*Avena sativa*)
YULAF EZMESİ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Merve YEŞİL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2025

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve YEŞİL tarafından hazırlanan “FARKLI ÇİMLENDİRME SÜRELERİ UYGULANMIŞ KAVUZLU VE KAVUZSUZ YULAF GENOTİPLERİNİN (*Avena Sativa*) YULAF EZMESİ ÜRETİMİNDE KULLANIMI” adlı tez çalışması 23/07/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ

.....

Danışman

Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR

.....

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Nezahat OLCAY

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

İsim

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY

FBE Müdürü

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.

Merve YEŞİL

Tarih:23.07.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÇİMLENDİRME SÜRELERİ UYGULANMIŞ KAVUZLU VE KAVUZSUZ YULAF GENOTİPLERİNİN (*Avena sativa*) YULAF EZMESİ ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

Merve YEŞİL

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR
2025, 72 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR

Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ

Dr. Öğretim Üyesi Nezahat OLCAY

Yulaf (*Avena sativa*), yüksek besin değeri ve fonksiyonel özellikleri sayesinde hayvan beslenmesinde yem olarak yaygın şekilde kullanılmakta; aynı zamanda yulaf ezmesi gibi işlenmiş formlarıyla insan beslenmesinde sağlıklı ve besleyici bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Bu tez çalışmasında; 3 farklı çimlendirme süreleri uygulanmış (1., 2. ve 3. Gün) kavuzlu (Kazan ve Yeniçeri) ve kavuzsuz (Katmerli ve Yazır) yulaf (*Avena sativa*) genotipleri ve çimlendirilmemiş yulafardan elde edilen yulaf ezmesi üretiminde kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Üretilen bu yulaf ezmesi örneklerinde renk (L^* , a^* ve b^*), kimyasal (nem, kül, ham yağ, ham protein, karbonhidrat ve enerji), besinsel (toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite) özellikleri incelenmiştir.

Üretilen yulaf ezmesi örneklerinin renk analiz sonuçlarına göre; çimlendirme süresi arttıkça parlaklık (L^*) değerlerinde azalmalar gözlemlenmiş, kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) renk değerlerinde de artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca çimlenme süresinin artmasıyla birlikte nem, ham protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriklerinde belirgin artışlar saptanmıştır. Buna karşılık kül, ham yağ, enerji değeri ve karbonhidrat içerikleri çimlenme süresiyle birlikte azalmıştır. Yulaf genotipleri arasında yapılan karşılaştırmalarda ise kavuzlu yulaf örneklerinin kavuzsuz yulaf örneklerine göre daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu, karbonhidrat, kül, ham protein ve enerji değerlerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Bu sonuçlar, çimlendirme işlemlerinin ve farklı yulaf genotiplerinin besinsel açıdan yulaf ezmesi ürünlerine olumlu değişimler sunduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: *Avena sativa*, çimlendirme, kavuzsuz yulaf, kavuzlu yulaf, tahıl, yulaf, yulaf ezmesi

ABSTRACT

MS THESIS

THE UTILIZATION OF HULLED AND HULL-LESS OAT GENOTYPES (*Avena sativa*) WITH DIFFERENT GERMINATION PERIODS IN OATMEAL PRODUCTION

Merve YEŞİL

The Graduate School of Natural and Applied Science of Necmettin Erbakan
University The Degree of Master of Science in Food Engineering

Advisor: Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR
2025, 72 Pages

Jury

Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR

Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ

Assist. Prof. Dr. Nezahat OLCAY

Oat (*Avena sativa*) is widely used as animal feed due to its high nutritional value and functional properties; at the same time, in processed forms such as oat flakes, it is considered a healthy and nutritious alternative for human consumption.

In this thesis study, the potential use of oat flakes produced from hulled (Kazan and Yeniçeri) and hull-less (Katmerli and Yazır) oat (*Avena sativa*) genotypes, which were subjected to three different germination durations (1st, 2nd, and 3rd day), as well as non-germinated oats, was investigated. The produced oat flake samples were analyzed in terms of color (L^* , a^* and b^*), chemical (moisture, ash, crude fat, crude protein, carbohydrate, and energy), and nutritional (total phenolic content and antioxidant activity) properties.

According to the results of the color analysis of the oat flake samples, an increase in germination time caused a decrease in lightness (L^*) values, while redness (a^*) and yellowness (b^*) values increased. In addition, increasing germination duration significantly increased the contents of moisture, crude protein, total phenolic compounds, and antioxidant activity. On the other hand, ash, crude fat, energy, and carbohydrate contents decreased with longer germination durations. When comparing the oat genotypes, hulled oat samples were found to have higher moisture content but lower carbohydrate, ash, crude protein, and energy values compared to hull-less oat samples.

These results indicate that germination treatments and different oat genotypes offer beneficial changes in the nutritional properties of oat flake products.

Keywords: *Avena sativa*, germination, husked oats, husked oats, grain, oats, oatmeal

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde ve yürütülmesinde yardımlarını ve değerli bilgilerini esirgemeyen, sabır ve titizlikle çalışmalarımı yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli danışmanım Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR'e;

Yulaf tanelerinin temininde her türlü yardımı sağlayan Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Kalite ve Teknoloji Laboratuvarı ekibine;

Hayatım boyunca her koşulda arkamda duran, sevgisiyle, fedakârlığıyla ve dualarıyla bana güç veren, her zaman ilham kaynağım olan canım annem Hatice SERT'e;

Emekleri ve desteğiyle bana güven aşıl原因ayan, eğitim alanında uzun yıllar hizmet vermiş olan kıymetli babam Osman SERT'e ve hayat yolculuğumda daima yanımda olan, sevgi ve desteğiyle bana güç katan sevgili kardeşim Talha SERT'e;

Bu süreçte manevi varlığıyla beni onurlandıran, sabır, sevgisi ve anlayışıyla bana huzur veren eşim Eyüp YEŞİL'e ve bu yolculuğa neşe katan canım oğlum Berk'e, bu yoğun tez sürecimde bana hem moral hem de pratik anlamda büyük destek veren, anlayışı ve sevgisiyle her zaman yanımda olan değerli kayınvalidem Şerife YEŞİL'e;

Çalışma sürecim boyunca bilgi, anlayış ve dostluğuyla yanımda olan meslektaşım Yüksek Mühendis Meltem TÜRKOĞLU'na;

Her zaman moral kaynağım olan, bana cesaret aşıl原因ayan değerli arkadaşım Duygu ALTUNTAŞ'a;

Zor anlarımda desteğini hiç esirgemeyen, anlayışı ve içtenliğiyle bana güç veren sevgili arkadaşım Ezgi GÜNAYDIN'a gönülden teşekkür ederim.

MERVE YEŞİL

KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Yulaf (<i>Avena Sativa</i>)	3
2.1.1. Yulafın orijini ve tarihi	6
2.1.2. Dünya ve ülkemizde dağılımı ve yetiştiriciliği	7
2.1.3. Morfolojik yapısı	11
2.1.4. Kimyasal bileşimi	12
2.1.4.1. Karbonhidratlar	13
2.1.4.2. Proteinler	14
2.1.4.3. Yağlar	16
2.1.4.4. Vitamin ve mineraller	17
2.1.4.5. Diyet lifi ve β -glukan içeriği	18
2.1.4.6. Antioksidanlar	19
2.2. Yulafın Sağlığa Yararları	20
2.3. Yulafın Kullanım Alanları	21
2.4. Yulaf ezmesi ve üretimi	23
2.5. Çimlendirme	25

3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal	29
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Deneme planı	29
3.2.2. Yulaf ezmesi üretimi	29
3.2.3. Yulaf ezmesindeki renk analizleri.....	31
3.2.4. Yulaf ezmesindeki kimyasal analizler.....	31
3.2.5. Yulaf ezmesindeki besinsel analizler	32
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	34
4.1. Yulaf Ezmesi Renk Analiz Sonuçları	34
4.2. Yulaf Ezmelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları	37
4.2.1. Nem.....	42
4.2.2. Kül.....	44
4.2.3. Ham yağ	45
4.2.4. Ham protein	47
4.2.5. Karbonhidrat	48
4.2.6. Enerji.....	50
4.3. Yulaf Ezmesi Örneklerinin Besinsel Analiz Sonuçları	51
4.3.1. Toplam fenolik madde miktarı.....	53
4.3.2. Antioksidan aktivite	55
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
5.1. Sonuçlar	57
5.2. Öneriler	58
6. KAYNAKLAR.....	59
EKLER	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

- cm : Santimetre
da : Dekar
g : Gram
mg : Miligram
NaOCl: Sodyum hipoklorit
Kg : Kilogram
L : Litre
mm : Milimetre
% : Yüzde

Kısaltmalar

- AB :Avrupa Birliği
DPPH :2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
FDA :ABD Gıda ve İlaç Dairesi
EFSA :Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
HDL :Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
LDL :Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
TFM :Toplam Fenolik Madde Miktarı
VLDL :Çok Düşük Yoğunluklu Lipoprotein

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Dünya’da en fazla yulaf üreten ilk 10 ülke.....	8
Çizelge 2.2. Türkiye’de yulaf ekim alanı, üretim ve verim.....	8
Çizelge 2.3. Yulafın morfolojik yapısı ve özellikleri.....	11
Çizelge 2.4. Yulaf tanesinin kimyasal bileşimi.....	13
Çizelge 2.5. Yulaf tanesinin yağ asitleri açısından bileşimi.....	16
Çizelge 2.6. Yulaf tanesinin bulundurduğu vitaminler ve işlevleri.....	17
Çizelge 2.7. Yulaf ezmesinin ortalama besin değeri.....	24
Çizelge 4.1. Yulaf ezmesi örneklerine ait renk analizi sonuçları.....	34
Çizelge 4.2. Yulaf ezmesi örneklerinin renk analizlerine ait varyans analizi sonuçları.....	35
Çizelge 4.3. Yulaf ezmesi örneklerinin renk analizlerine ait Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	36
Çizelge 4.4. Yulaf ezmesi örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.5. Yulaf ezmesi örneklerinin kimyasal analizlerine ait varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.6. Yulaf ezmesi örneklerinin kimyasal analizlerine ait Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.7. Yulaf ezmesi örneklerine ait besinsel analiz tabloları.....	52
Çizelge 4.8. Yulaf ezmesi örneklerinin besinsel analizlerine ait varyans analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.9. Yulaf ezmesi örneklerinin besinsel analizlerine ait Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yulaf tanesinin yakından görüntüsü.....	3
Şekil 2.2. Yulaf tanesinin yapısı.....	6
Şekil 2.3. 2016/17 Dönemi Dünya yulaf üretiminin dağılımı.....	9
Şekil 2.4. Türkiye’de yulaf ekim arazileri.....	10
Şekil 2.5. 2016/17 Dönemi Dünya yulaf tüketimi dağılımı.....	10
Şekil 2.6. Yulaf tarlası.....	12
Şekil 2.7. Yulaf ezmesi	24
Şekil 2.8. Çimlendirme yöntemleri.....	27
Şekil 3.1. Çimlendirme kavanozu.....	30
Şekil 3.2. Ezme cihazı.....	30

1. GİRİŞ

Beslenme, temel fizyolojik gereksinimler arasında yer almakta olup, Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisine göre en temel ve öncelikli basamaklardan birini oluşturmaktadır. Bireylerin bedensel ve zihinsel işlevlerini sürdürebilmeleri ve sağlıklı kalabilmeleri için azot içeren besin maddelerini tüketmeleri gerekmektedir. Bu kapsamda tahıl ve tahıl ürünleri, hızla artan dünya nüfusunun beslenmesinde önemli bir yer tutmakta ve ekonomik açıdan erişilebilir olmaları nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir (Tangüler ve ark., 2015).

Teknolojik gelişmeler, yaşam tarzlarındaki değişimler, artan yaşam standartları ve bireylerin beslenme konusundaki farkındalığının yükselmesi; gıda tercihleri ile beslenme ihtiyaçlarında köklü dönüşümlere yol açmaktadır. Bu süreçte, gıdalar yalnızca temel beslenme ihtiyaçlarını karşılayan ürünler olmaktan çıkmakta; daha uzun raf ömrüne sahip, içerik açısından zenginleştirilmiş, duysal ve yapısal nitelikleri iyileştirilmiş, endüstriyel anlamda kaliteli yeni ürünlerin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır (Uçar, 2011; Gözükar, 2013; Noğay, 2014; Demirel, 2017). Aynı zamanda obezite, çölyak, diyabet, fenilketonüri, beriberi ve pellegra gibi spesifik sağlık sorunlarına sahip bireyler için özel olarak formüle edilen ürünlerin üretimi de gıda sektöründe giderek artan bir önem kazanmıştır (Giritlioęlu, 2017).

Tahıl ve baklagil tanelerinin besin değerini artırmak amacıyla çimlendirme, fermantasyon, kabuk soyma, ıslatma, ışınlama ve ısıl işlem gibi çeşitli ön işlemler uygulanmaktadır (Karaşahin, 2015). Bu yöntemler sayesinde hem besin ögesi biyoyararlılığı artmakta, hem de fonksiyonel özellikler iyileştirilmektedir.

Dünya genelinde çimlendirilerek tüketilen bitkiler arasında; brokoli, yonca, soya, bezelye, nohut, fasulye, buğday, arpa, yulaf, karabuğday, çeltik ve lupin yer almaktadır (Yetim ve ark., 2010).

Yulafın insan beslenmesindeki kullanımı, besinsel faydalarının daha iyi anlaşılmasıyla birlikte giderek artmaktadır. Yulaf unu ve yulaf ezmesi, özellikle bebek mamalarının temel bileşenlerinden biri haline gelmiş; Meksika'da geliştirilen soya-yulaf formülasyonları, laktoz intoleransı olan bebeklerin beslenmesinde etkin bir çözüm olarak kullanıma sunulmuştur. Ayrıca yulaf; çerez çeşitleri, içecekler, pancake karışımları, hazır çorba ve soslarda kıvam artırıcı ve fonksiyonel katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir (Webster, 2002). İçeriğinde bulunan fenolik bileşikler ve yüksek

diyet lifi sayesinde, yulaf bazlı ürünlere olan ilgi artmakta ve bu alandaki fonksiyonel gıda çalışmaları ivme kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, farklı yulaf genotiplerinin çimlendirme işlemine tabi tutulması ve yulaf ezmesi üretiminde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Böylece besin değerini özelliklerinin artırılması hedeflenmekte; aynı zamanda gıda sanayisine yeni ve sağlıklı ürün alternatifleri sunulması amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Yulaf (*Avena Sativa*)

Yulaf (*Avena sativa* L.), buğdaygiller (*Poaceae*) familyasına ait serin iklim tahıllarından biridir ve hem insan beslenmesinde hem de hayvan yemi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Genetik olarak, yulaf türleri diploid ($2n=14$), tetraploid ($2n=28$) ve heksaploid ($2n=42$) kromozom sayısına sahip türleri içermektedir. Günümüzde tarımı yapılan en yaygın tür olan *Avena sativa* genellikle heksaploid yapıdadır ve yüksek verim potansiyeli ile dikkat çekmektedir (Loskutov, 2007; Karakuzu, 2022).

Yulafın en belirgin özelliği, diğer tahıllara kıyasla daha yüksek miktarda yağ ve çözünür diyet lifi içermesidir. Yüksek β -glukan içeriği, bu tahılı fonksiyonel gıdalar içerisinde özel bir konuma yerleştirmektedir. Bu lif türü, sindirim sistemini düzenlemeye, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterolü düşürmeye ve glisemik kontrol sağlamaya yardımcı olmaktadır. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), yulaf β -glukanlarının kardiyovasküler hastalıklar üzerindeki olumlu etkilerini resmen tanımış ve fonksiyonel gıda kategorisine dahil edilmesini uygun görmüştür (EFSA, 2011).

Botanik olarak yulaf, 50–150 cm boylarında gelişen, tek yıllık bir otsu bitkidir. Çiçeklenme yapısı salkım (panikula) formundadır; bu da onu buğday ve arpa gibi başak formundaki tahıllardan ayırmaktadır. Tane yapısı çoğunlukla kavuzludur; ancak çıplak (kavuzsuz) yulaf türleri de geliştirilmiştir. Kavuzlu türlerin işlenmesi sırasında dış kısımlarının soyulması gerekirken, kavuzsuz türleri ise doğrudan öğütülebilir yapıdadır. Bu durum, endüstriyel işlemede maliyet ve iş gücü açısından avantaj sağlamaktadır (Sterna ve ark., 2016). Yulaf tanesinin yakından görüntüsü Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Yulaf tanesinin yakından görüntüsü (Anonim, 2014)

İklim istekleri açısından değerlendirildiğinde, yulaf ılıman ve serin bölgelerde daha verimli yetişmektedir. Donlara karşı nispeten dayanıklı olup, yağış alan bölgelerde yüksek verim potansiyeli gösterebilir. Toprak isteği bakımından selektif değildir; ancak organik maddece zengin, hafif asidik topraklarda optimum gelişim sağlar (FAO, 2020).

Tarımda sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda yulaf, nadas alanlarının değerlendirilmesinde, münavebe sistemlerinde ve toprak yapısının iyileştirilmesinde kullanılan önemli bir türdür. Aynı zamanda ekolojik tarım uygulamalarında, düşük girdi gereksinimi nedeniyle tercih edilen tahıllardan biri haline gelmiştir (Murphy ve ark., 2008). Yulaf tanesi dünya çapında en önemli ancak yeterince kullanılmayan tahıllardan biridir (Mao, 2022).

Yulaf tanesi morfolojik olarak kavuzlu bir yapıdadır. Kavuz oranı yaklaşık olarak % 20–30 arasında değişmekte, geri kalan kısmı ise % 75 oranında endosperm ve % 5 oranında embriyodan oluşmaktadır (Yürür, 1998). Bin tane ağırlığı 15–45 gram, hektolitre ağırlığı ise 35–55 kg arasında değişmektedir. Yulaf taneleri, yüksek oranda nişasta (% 40 civarı) içerirken, aynı zamanda yağ, lif ve β -glukan gibi fonksiyonel bileşenler açısından da zengin bir profile sahiptir (Dağ ve Özkan, 2019). Bu özellikler yulafı, yalnızca hayvan yemi olarak değil, aynı zamanda insan beslenmesinde ve fonksiyonel gıda üretiminde de değerli bir tahıl haline getirmektedir. Yulafın kullanılma amacına göre kalite kriterleri değişiklik göstermektedir. İnsan beslenmesi için; protein oranı, besinsel lif oranı ve β -glukan oranı yüksek, yağ ve kavuz oranı düşük yulaf çeşitleri tercih edilmelidir. Hayvan beslenmesinde ise (kanatlılar hariç), protein, nişasta, yağ ve β -glukan oranı yüksek; kavuz oranı düşük olan çeşitler daha uygundur (Sarı ve ark., 2012).

Yulafın besin profili, onu sadece enerji sağlayan bir karbonhidrat kaynağı olmaktan çıkarıp, fonksiyonel gıda sınıfına sokacak düzeyde zengindir. Protein açısından değerlendirildiğinde, yulaf % 9 ile % 20 arasında değişen oranlarda protein içeriğine sahiptir. Bu oran genetik faktörlere, çevresel büyüme koşullarına ve hasat sonrası işleme yöntemlerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Peterson, 1992). Yulafın depo proteinlerinin büyük çoğunluğu globulinlerdir. Bu protein fraksiyonu, prolamin esaslı buğday, arpa gibi tahıllardan farklı olarak insan sindirimine daha uygun ve besin emilimi açısından daha değerlidir (Peterson ve ark., 1986). Özellikle glutensiz diyet gereksinimi olan bireyler için yulaf, uygun işleme koşulları sağlandığında güvenli bir protein kaynağı olabilir. Ancak yulaf proteinlerinin nötr ve asidik pH'ta zayıf çözünürlüğe sahip olması, bu özelliğin fonksiyonel gıda formülasyonlarında göz önünde bulundurulmasını gerektirmektedir (Ma, 1983).

Yulafın karbonhidrat içeriğinde yer alan başlıca yapılar nişasta, çözünür ve çözünmeyen liflerdir. Ortalama 78 gram kuru yulaf, 51 gram karbonhidrat ve 8 gram toplam diyet lifi içerir (Türksoy, 2020). Bu liflerin önemli bir kısmı, suda çözünür formda bulunan ve sağlık açısından birçok faydası olduğu bilinen β -glukan maddesinden oluşmaktadır. β -glukanlar, sindirim sistemini düzenleme, kolesterolü düşürme, glisemik yanıtı yavaşlatma gibi etkileri ile tanınmaktadır. Bu nedenle yulaf, diyabetik bireyler için de önerilen bir tahıldır (Anderson ve ark., 2000; Visioli ve ark., 2001). Nişasta yapısında ise amiloz ve amilopektin oranları açısından buğdayla benzerlik gösteren yulaf; jel oluşturma yeteneği, su bağlama kapasitesi gibi özellikleriyle de teknolojik olarak avantajlı konumdadır (Paton, 1977).

Enerji değeri bakımından değerlendirildiğinde yulaf, yüksek lipit içeriği ile dikkat çekmektedir. Tahıllar arasında yağ oranı en yüksek olan türlerden biridir; lipit oranı % 3 ile % 12 arasında değişmektedir (Holland ve ark., 2001). Yağların çoğunluğunu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır ve bu durum yulafı, kalp ve damar sağlığını destekleyen bir tahıl haline getirmektedir. Ancak bu yüksek yağ içeriği aynı zamanda oksidatif bozulmalara açık bir yapı yarattığından, yulafın işlenmesi ve saklama koşulları büyük önem taşımaktadır (Kahlon, 1989; Rines ve ark., 2006).

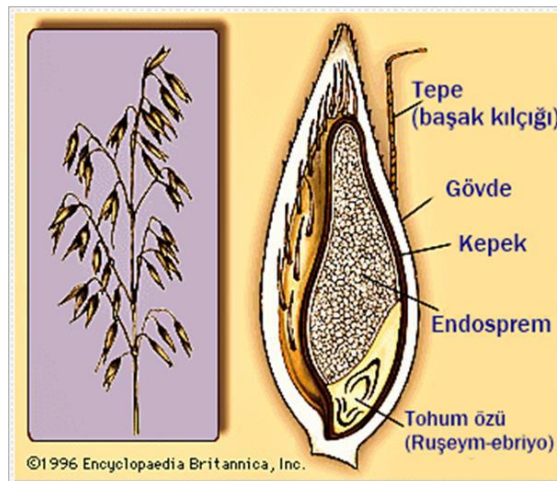
Yulafın mikrobesein içeriği de onu değerli kılan unsurlar arasında yer almaktadır. Başta manganez, çinko, fosfor, magnezyum ve demir olmak üzere pek çok mineralin yanı sıra, B kompleks vitaminleri ve E vitamini açısından da zengin bir tahıldır (Pomeranz, 1986; Türksoy, 2020). Özellikle aleuron tabakası ve embriyo kısımlarında yoğunlaşan bu vitamin ve mineraller, öğütme işlemleri sırasında kayba uğrayabilir. 78 gram kuru yulafın günlük manganez ihtiyacının yaklaşık % 190'ını karşıladığı bildirilmiştir (Anonim, 2019).

Yulaflar, β -glukan ve biyoaktif fitokimyasallar bakımından zengin tanelerdir. Son günlerde; yulafın bünyesinde barındırdığı maddelere bağlı olarak sağlık açısından faydalarının belirlenmesi, yulaf tanesi ve yulaf içeren gıda tüketim maddelerinin daha çok tercih edilmesini sağlamaktadır (Ryan ve ark., 2011).

Birçok çalışmanın sonuçlarına göre; düzenli bir şekilde β -glukan tüketildiğinde, zararlı olarak değerlendirilen LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterolün azaldığı, koroner kalp rahatsızlıkları, diyabet, şeker hastalığı ve yüksek tansiyon ihtimalinin düştüğü ve bağışıklığı artırdığı belirlenmiştir.

Yulaf tanesinin yapısı Şekil 2.2'de görülmektedir. Yulaf tanesindeki fenolik asitler hücre duvarında, selüloz ve hemiselülozlara ester bağlarıyla bağlanmış durumdadır.

Bunların arasındaki başlıca fenolik asitlerden biri olan ferulik asit hücre duvarındaki arabinoksilana bağlıdır. Yulaf tanesinin yapısında bulunan ruşeym, endosperm, kepek, kabuk ve yaprak uç kısmı bulunduran bir tahıl türüdür. Yulafın içeriğindeki çözünebilir diyet lifi, doymamış yağ asitleri, birçok vitamin ve mineral ve iyi dengelenmiş protein kompozisyonuna sahip olması nedeniyle işlenmiş gıdalarda kullanımına olan ilgiyi arttırmaktadır. Yulaf tanesi bünyesinde yüksek miktarda tokol (tokoferol ve tokotrienol), sterol ve fenolik bileşikler gibi antioksidan özellikte bileşikler de bulundurmaktadır (Peterson, 2001).



Şekil 2.2. Yulaf tanesinin yapısı

2.1.1. Yulafın orijini ve tarihi

Yulaf (*Avena sativa* L.), kültüre alınması daha geç gerçekleşen tahıllardan biri olarak kabul edilmektedir. Diğer büyük tahıllar olan buğday ve arpa, Neolitik Çağ'dan itibaren tarım kültüründe yer bulmuşken, yulafın tarımsal anlamda sistematik yetiştiriciliği M.S. 1. yüzyıl civarında başlamıştır (Murphy ve Hoffman, 1992). Bu durum, yulafın uzun süre yabani bir ot olarak görülmesi ve buğday ile arpanın arasında istenmeyen bir tür olarak kabul edilmesinden kaynaklanmıştır.

Arkeobotanik bulgular, yulafın ilk olarak Avrupa kıtasında, özellikle Karadeniz'in kuzeyine ve Orta Avrupa'ya uzanan geniş bir coğrafyada doğal yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle *Avena fatua* ve *Avena sterilis* gibi yabani türler, modern kültür yulaflarının atası olarak kabul edilmektedir (Wrigley ve ark., 2010).

Yulafın sistematik olarak kültüre alınması, özellikle Batı Avrupa ülkelerinde hız kazanmıştır. Orta Çağ boyunca İngiltere, Almanya ve İskoçya'da yaygın olarak yetiştirilmiş ve hayvan yemi olarak kullanımı ön plana çıkmıştır. Bununla birlikte, Kuzey

Avrupa'nın soğuk ve nemli iklimi, yulaf tarımı için oldukça uygun koşullar sunmuş; bu nedenle yulaf, zamanla kuzey yarımkürenin serin iklim tahılı haline gelmiştir (Welch, 2011).

Roma İmparatorluğu döneminde yulaf hem hayvan yemi hem de tıbbi amaçlarla kullanılan bir bitki olarak belgelenmiştir. Bu döneme ait metinlerde yulaf, özellikle gastrointestinal rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmak üzere önerilmiştir (Webster, 2011). Ancak, buğday ve arpa gibi tahıllarla karşılaştırıldığında, yulafın kültürel değeri daha düşüktür.

Türkiye'deki genetik kaynaklar açısından değerlendirildiğinde, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde birçok yerel yulaf genotipi korunmakta ve ıslah çalışmaları yürütülmektedir (Dumlupınar, 2011). Bunun yanı sıra, uluslararası ölçekte ABD, Kanada, Almanya ve Rusya gibi ülkelerde yer alan gen bankalarında da binlerce yulaf çeşidi saklanmakta ve bilimsel araştırmalarda kullanılmaktadır (USDA, 2021).

Yulaf, tarihsel süreç içerisinde yalnızca tarımsal değil aynı zamanda beslenme kültürü açısından da farklı roller üstlenmiştir. 18. yüzyıldan itibaren, İskoçya ve İngiltere'de yulaf ezmesi, lapası ve yulaf ekmeği gibi ürünler günlük beslenmenin temel unsuru haline gelmiştir. Özellikle kırsal kesimlerde düşük maliyetli, doyurucu ve besleyici olması sebebiyle tercih edilmiştir (Thompson ve ark., 2003).

Modern dönemde ise yulaf, geleneksel besin maddesi olmasının ötesinde, sağlık faydaları ve fonksiyonel bileşenleri sayesinde yüksek katma değerli bir ürün haline gelmiştir. Özellikle β -glukan, avenantramid, E vitamini ve fenolik bileşenlerin varlığı, onu fonksiyonel gıdalar literatüründe önemli bir konuma taşımıştır (Peterson, 1992).

2.1.2. Dünya ve ülkemizde dağılımı ve yetiştiriciliği

Yulaf (*Avena sativa L.*), dünya genelinde özellikle ılıman iklimlerde yetiştirilen önemli bir tahıl türüdür. İnsan beslenmesinde artan önemi, fonksiyonel gıda endüstrisindeki kullanımı ve yem bitkisi olarak yüksek verim potansiyeli sayesinde üretimi yaygınlaşmıştır.

Dünya genelinde yulaf üretimi özellikle Rusya, Kanada, Avustralya, Polonya ve ABD gibi ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Bu ülkeler gerek iklim koşulları gerekse gelişmiş

tarım teknolojileri sayesinde yulaf üretiminde ön sıralarda yer almaktadır. Çizelge 2.1’de 2020 yılı itibariyle yulaf üretiminde öne çıkan ülkeler gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Dünya’da en fazla yulaf üreten ilk 10 ülke (FAO, 2020)

Yıl	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
2010	110.000	240.000	218
2015	125.000	270.000	216
2020	135.000	290.000	215

Yukarıdaki çizelgeye göre; Türkiye, dünya sıralamasında ilk 10 içinde yer almakla birlikte üretim miktarı gelişmiş ülkelere kıyasla düşüktür. Ancak iklim ve toprak koşullarının uygun olması, potansiyel üretim artışı için güçlü bir zemin oluşturmaktadır.

Avrupa Birliği ülkelerinde toplam yulaf üretimi 2023 yılında 5.97 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup, bu miktar toplam tahıl üretiminin yalnızca %2-3 düzeyindedir. Yulaf yetiştiriciliği, özellikle başta İngiltere, İrlanda, Fransa, İsveç ve Polonya gibi ülkelerde yoğunlaşmıştır ve bu ülkeler Avrupa Birliği’nin önemli yulaf üretim merkezlerindedir (Wrigley, 2019; Eurostat, 2022). Bu bölgelerde yetiştirilen yulaf, kahvaltılık gevrekler, unlu mamuller, bitkisel sütler ve bebek mamaları gibi çeşitli gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Wood, 2018; Smith ve ark., 2020). Ayrıca, yulaf sütü pazarı 2020-2024 döneminde bitkisel süt segmentinde hızlı bir büyüme göstermiştir (Plant Based Foods Association, 2021; Mintel, 2023). Türkiye’de yulaf üretiminin en yoğun olduğu iller; Konya, Ankara, Tokat, Amasya ve Samsun’dur. Ülkemizde yulaf üretim alanları Çizelge 2.2’de yer almaktadır. Çizelge 2.2’ye göre 2010, 2015 ve 2020 yıllarındaki ekim alanları artış göstermiştir.

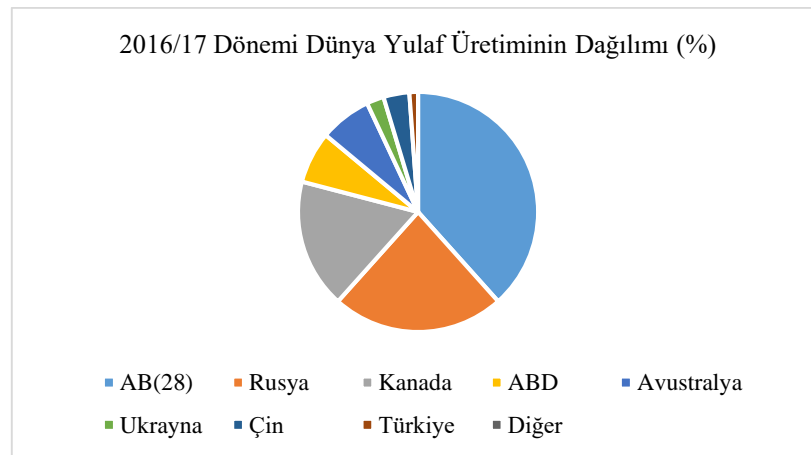
Çizelge 2.2. Türkiye’de yulaf ekim alanı, üretim ve verim (Anonim, 2021)

Ülke	Üretim (milyon ton)
Rusya	4.5
Kanada	4.1
Avustralya	1.8
Polonya	1.3
ABD	0.9
Finlandiya	0.8
Almanya	0.6
Birleşik Krallık	0.5
İspanya	0.3
Türkiye	0.25

Yulaf, ılıman ve serin iklim koşullarını seven bir bitkidir. Özellikle 15–20°C sıcaklık aralığında gelişimi optimum düzeydedir. Düşük sıcaklıklara dayanıklı olmakla birlikte, aşırı kuraklığa karşı hassastır. Bu nedenle nemli iklim bölgelerinde verim artışı gözlemlenir. Organik maddece zengin, hafif asidik ve iyi drene olabilen topraklar yulaf tarımı için idealdir (FAO, 2020).

Türkiye’de yulaf üretimi genellikle hayvan yemi amacıyla yapılmakta olup, gıda endüstrisinde kullanımı yeni yeni gelişmektedir. Son yıllarda fonksiyonel gıdalara olan talebin artmasıyla birlikte insan tüketimine yönelik üretim de artış göstermektedir.

En yüksek yulaf üretimi yapan ülkeler AB ülkeleri olup dünya yulaf üretiminin de % 33’ünü karşılamaktadır. AB’yi % 20’lik pay ile Rusya takip etmektedir. Ülkemizin dünya yulaf üretimindeki payı ise % 1 civarındadır (Anonim, 2016). 2016/17 Dönemi dünya yulaf üretimi dağılımı (%) Şekil 2.3’te yer almaktadır.



Şekil 2.3. 2016/17 dönemi dünya yulaf üretiminin dağılımı (%) (Anonim, 2016)

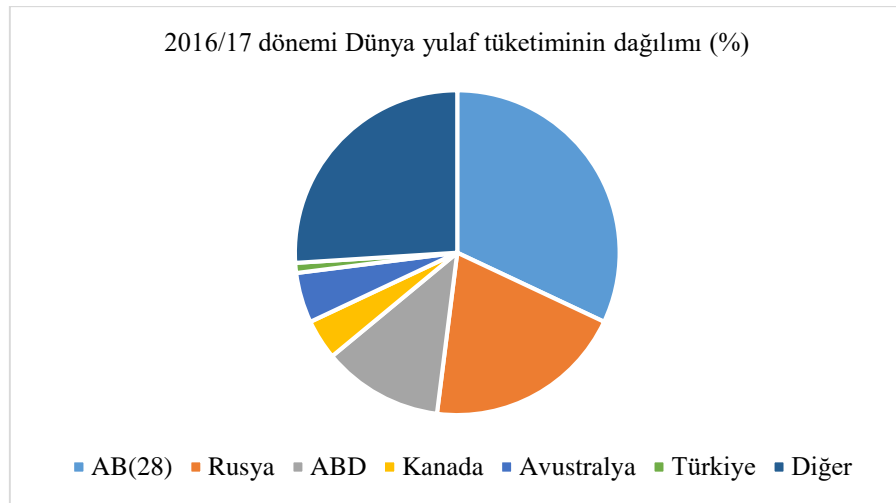
Ülkemiz yulaf ekim arazileri ortalama 1 milyon da civarındadır 2016/2017 yılından sonra artış gösterdiği görülmektedir. 2016/2017 yılında 990 bin da olan ekim arazileri % 14 artışla 1.1 milyon da ile en yüksek dereceye ulaştığı belirlenmiştir. 2020 yılında ekim alanı bir önceki yıla göre yaklaşık % 3.2 artış olduğu görülmektedir. Yulaf üretim alanları İç Anadolu Bölgesinde yoğunlaşmakta, en fazla alana sahip olan iller ise % 14.8 ile Ankara, % 12.2 ile Sivas ve % 7.9 ile Konya’dır. Marmara bölgesi de ekim alanı en fazla olan ikinci bölgedir. Kocaeli, Balıkesir ve Çanakkale’de toplam ekim alanlarının yaklaşık % 12 sini oluşturmaktadır (Gül, 2021). Şekil 2.4’te ise Türkiye’de yulaf ekim arazileri yer almaktadır.



Şekil 2.4. Türkiye'de yulaf ekim arazileri

Yulaf tanesi tahılların içerisinde mısırdan sonra en yüksek yağ içeriği ile yüksek enerjili tahıl olarak nitelendirilir. Bünyesinde barındırdığı genç organizmaların büyümesini ve gelişmesini sağlayan Avenin maddesini içeren tek tahıldır. Bu özellikleri ile hayvanların beslenmesinde özellikle de koşu atlarının beslenmesinde önemli bir yem hammaddesidir.

Dünyada yulaf tanesi yaklaşık 10 milyon ha alanda 25 milyon ton olarak üretilmektedir. AB ve Rusya dünya üretiminin yaklaşık yarısını karşılamaktadır. Kanada, Avustralya ve İngiltere de diğer önemli üretici ülkeler olarak yer almaktadır. (Gül, 2021). Şekil 2.5'te ise 2016/17 dönemi Dünya yulaf tüketiminin dağılımı (%) gösterilmektedir.



Şekil 2.5. 2016/17 dönemi dünya yulaf tüketiminin dağılımı (%) (Anonim, 2016)

2.1.3. Morfolojik yapısı

Yulaf (*Avena sativa L.*), tek senelik ve ortalama 50-150 cm boylarında, serin iklim tahılıdır. Bu bitki, botanik açıdan diğer tahıllardan bazı yönleriyle ayrılmakta, özellikle başak yapısı ve tane formu açısından karakteristik özellikler göstermektedir (Murphy ve Hoffman, 1992).

Yulaf, güçlü ve iyi gelişmiş bir saçak kök sistemine sahiptir. Bu yapı, bitkinin yüzeysel toprak katmanlarından etkin biçimde su ve besin almasını sağlamaktadır. Köklerin çoğu 30–60 cm derinliğe ulaşabilmekte ve bu sayede hem kuraklığa dayanıklılık hem de besin alımı açısından avantaj sağlamaktadır (FAO, 2020).

Yapraklar uzun, dar ve sivri uçludur. Yulaf yapraklarının üzeri genellikle tüylerle kaplıdır ve bu yapı, buğday ve arpa gibi türlerden ayrılmasında ayırt edici bir özelliktir. Yaprak ayasında kulakçıklar (auricula) bulunmaz. Bu durum yulafı diğer tahıllardan ayıran en önemli morfolojik farklardan biridir (Sterna ve ark., 2016).

Yulaf, buğday ve arpanın aksine panikula (salkım) şeklinde bir başak yapısına sahiptir. Bu yapı, bitkinin çiçeklenme döneminde geniş alana yayılmasını sağlamakta ve döllenme şansını artırmaktadır. Her bir panikula, birkaç başakçık içermekte ve her başakçıkta 2–3 adet çiçek bulunmaktadır. Yulaf tanesinin morfolojik özellikleri aşağıda yer almakta olan Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Yulafın morfolojik yapısı ve özellikleri (Murphy ve Hoffman, 1992; Sterna ve ark., 2016; FAO, 2020)

Organ	Özellikler
Kök	Saçak kök, 30–60 cm derinliğe kadar ulaşabilir
Gövde	İç boş, boğumlu, 50–150 cm boy aralığında
Yaprak	Uzun, dar, tüylü, kulakçık yok
Başak	Salkım yapısında, serbest dallanmış başakçıklar
Tane (Tohum)	Kavuzlu ya da kavuzsuz, uzun silindirik formda



Şekil 2.6. Yulaf tarlası

Yulaf taneleri genellikle uzun, silindirik ve uçları sivri yapıdadır. Tanelerin, dış kısımları kavuzla kaplı olabilir; bu türler “kavuzlu yulaf” olarak adlandırılmaktadır. Kavuzsuz (çıplak) yulaflarda ise tane kavuzdan kolaylıkla ayrılmakta bu da işleme kolaylığı sağlamaktadır (Welch, 2011). Kavuzlu yapılar, işlenmeden önce tüketime uygun hâle getirilemezken, kavuzsuz yulaflar doğrudan öğütülmeye uygundur.

Yulafın diğer tahıllardan ayırıcı başlıca morfolojik özellikleri arasında:

- Kulakçıkların olmaması,
- Panikula (salkım) başak yapısı,
- Tane formunun uzun ve silindirik olması,
- Tüy kaplı yapraklar yer almaktadır.

Bu özellikler, özellikle tür ayrımı ve genetik seleksiyon çalışmalarında önemli kriterler olarak kullanılmaktadır (Valentine ve ark., 2011).

2.1.4. Kimyasal bileşimi

Yulaf, yüksek besin değeri ile bilinen ve özellikle fonksiyonel bileşenleri sayesinde sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan önemli bir tahıl türüdür. Diğer tahıllarla karşılaştırıldığında daha yüksek yağ, protein ve çözünür lif içeriğine sahip olması, onu hem beslenme hem de endüstriyel kullanım açısından cazip kılmaktadır (Peterson, 1992). Yulaf tanesinin temel kimyasal bileşimi Çizelge 2.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Yulaf tanesinin kimyasal bileşimi (Peterson,1992)

Bileşen	Yaklaşık Oran (%)
Karbonhidrat	60–65
Protein	11–17
Yağ	5–9
Diyet lifi	10–12
Su	10–12
Kül (Mineraller)	2–3

Bu oranlar; genotipe, yetiştirme koşullarına, toprak yapısına ve uygulanan tarımsal tekniklere göre değişkenlik gösterebilir.

Farklı tahıl türleri ile karşılaştırıldıklarında diğer tahıl çeşitlerine göre protein ve yağ oranı, çözünebilir lif içeriği ile vitamin ve mineral maddeler değerlendirildiğinde yulaf tanesi zengin bir içerik göstermektedir (Charalampopoulos ve ark., 2002; Demirbas, 2005; Flander ve ark., 2011; Mut ve ark., 2016). Yulafın kalitesi kimyasal bileşimi ile anlaşılmaktadır. Kimyasal bileşimi de protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve mineral vb. miktarı belirlemektedir. Bitkinin çeşidi, yetiştirildiği ekolojik koşullar ve hasat sonrası işlemler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Diğer tahıllar ile karşılaştırıldığında yulaftaki yağın proteine oranı, lif içeriği ve mineral madde miktarının yüksek olduğu belirtilmiştir (Karaman, 2020).

2.1.4.1. Karbonhidratlar

Yulafın kuru maddesinin % 60'tan fazlasını karbonhidratlar oluşturmaktadır. Karbonhidratlar ağırlıklı olarak nişasta formundadır. Nişasta, % 70–80 oranında *amiloz* ve *amilopektin* içermektedir. Bu oran, yulafın glisemik indeksini düşük tutarak kan şekerinin daha dengeli seyretmesine yardımcı olmaktadır (Butt ve ark., 2008).

Yulafın karbonhidratlarının yaklaşık % 85'ini nişasta oluşturmaktadır. Nişasta içeriği, amiloz (% 25–30) ve amilopektin (% 70–75) olmak üzere iki ana polisakkarit fraksiyonundan oluşmaktadır. Amiloz oranı yüksek nişastalar, daha yavaş sindirilir ve daha düşük glisemik indekse sahiptir. Bu özellik, yulafın kan şekeri seviyelerini dengeli tutmada etkili olmasını sağlamaktadır (Rasane ve ark., 2015).

Nişasta granülleri yulafta küçük ve kompakt yapıdadır. Bu yapı, pişirme işlemi sırasında jelleşme yeteneğini artırarak gıda sanayiinde kullanımını kolaylaştırmaktadır. Özellikle bebek mamaları, kahvaltılık gevrekler ve çorbalar gibi ürünlerde yulaf nişastası tercih edilmektedir (Kaur ve ark., 2022).

Yulafı diğer tahıllardan ayıran en önemli karbonhidrat bileşeni β -glukandır. β -glukan, çözünür bir polisakkarit olup, endosperm hücre duvarlarında yoğun olarak bulunmaktadır. Yulaf tanelerinde % 3–6 oranında β -glukan bulunmakta, bu oran diğer tahıllarda (örneğin buğday ve mısırdaki) oldukça düşüktür (Wood, 2007).

Dünya Sağlık Örgütü ve FDA, günlük en az 3 gram β -glukan tüketiminin kolesterol düzeylerini azaltmada etkili olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle β -glukan, yulaf bazlı fonksiyonel gıdaların pazarlama sürecinde ön plana çıkarılan bir sağlık iddiasıdır.

β -glukan; LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterolü düşürücü etkisi, glikoz emilimini yavaşlatıcı özelliği, tokluk hissini artırıcı rolü, bağırsak mikrobiyotası üzerindeki prebiyotik etkileriyle ön plana çıkmaktadır (Whitehead ve ark., 2014).

Yulaf tanesinin karbonhidrat miktarını incelendiği bir çalışmada bünyesinde barındırdığı karbonhidratın (% 50-60) müsülajlı bir yapı gösterdiği (β -glukan) belirlenmiştir. % 3-4 meyve şekeri olarak yani glikoz, fruktoz ve β -glukan, pentazon, sakkaroz, ketoz, neoketoz, biforkoz, neobiforkoz ve yeşil tanelerinde galaktoarabinoksilan bulunmaktadır (Hansel R. Ve ark., 1992). Yulaf diğer tahıl çeşitleri ile kıyaslandığında nişasta sindirilebilirliği bakımından en fazla olan tahıldır (Yalçın, 2020).

Karaman ve ark. (2020) serin iklim tahılları üzerine yapmış oldukları bir çalışmalarında yulaf tanesinin % 69.8 oranında karbonhidrat içerdiğini belirlemişlerdir.

Yulaf ayrıca; selüloz, hemiselüloz gibi çözünmeyen lifler, küçük miktarlarda şekerler (glikoz, fruktoz, sakaroz), oligosakkaritler gibi bileşenler de içermektedir. Bu bileşenler, bağırsak hareketlerini düzenler, gastrointestinal sağlığı destekler ve metabolik hastalıklara karşı koruyucu etkiler sunar.

2.1.4.2. Proteinler

Yulaf barındırdığı besin maddeleri ve özellikle yüksek protein içeriği nedeniyle insan beslenmesi açısından önemli bir tahıldır. Yulaf tanesi yaklaşık olarak 124-244 g/kg protein içerir. Bu protein içeriği ile diğer tahıllara göre daha yüksek beslenme kalitesi sunmaktadır (Emmons, 1999).

Yulaf proteinleri, diğer tahıllarda olduğu gibi dört ana fraksiyondan oluşur: Albümin (% 10–15), globülin (% 70–80), prolamin (Avenin) (% 10–12) ve glutelin (% 3–5). Avenin ve gluten içeriği incelendiğinde; yulafın karakteristik prolamin fraksiyonu olan avenin, buğdaydaki gluten proteinlerinden farklıdır. Avenin, çölyak hastalarının çoğu

tarafından tolere edilebilmekte, ancak bazı hassas bireylerde yine de immün yanıt oluşabilmektedir. Ayrıca yulafın gluten içermediği kabul edilse de çapraz bulaşma (örneğin buğdayla aynı ekipmanda işlenmesi) riski nedeniyle çölyak hastalarının yalnızca “glutensiz sertifikalı” yulaf ürünlerini tercih etmesini önerilmektedir (Lionetti ve ark., 2018).

Amino asit profili incelendiğinde ise yulaf proteini, esansiyel amino asitler bakımından oldukça dengelidir. Özellikle: lizin, treonin, metiyonin gibi amino asitler bakımından zengindir. Bu yönüyle yulaf proteini, biyolojik değeri yüksek bir protein kaynağı olarak görülmektedir (Rasane ve ark., 2015). Tahıllarda genellikle sınırlayıcı olan lizin, yulafta daha yüksek oranda bulunduğundan, bitkisel protein kaynağı olarak diyetlerde önemli rol oynar. Yulaf proteinleri, esansiyel amino asitlerden bazılarını içermesinden dolayı biyolojik değeri yüksek proteine sahiptir (Anderson, 2000).

Yalçın ve ark. (2007), 16 kavuzsuz ve 1 adet kavuzlu yulaf çeşitleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada, protein içeriklerinin sırasıyla % 11.1- 15.7 arasında değiştiklerini belirlemişlerdir.

Çöken ve Akman (2016), Isparta'nın ekolojik koşullarında yaptıkları bir çalışmada yulaf tanelerinin protein oranlarının % 9.6 ile 16.3 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Öztürk ve ark. (2018), kavuzlu ve kavuzsuz numunelerde yaptıkları çalışmada, kışlık ekolojik şartlarda yetiştirilen genotiplerde tane protein oranı ortalamasının % 12.43 olduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin ve ark. (2017), yulaf tahılı üzerindeki bir çalışmada en düşük protein içeriğini % 10.50, en yüksek protein içeriğini % 14.45, ortalama protein içeriğini ise % 12.60 olduğunu belirtmişlerdir.

Hamzaoğlu, (2021), gerçekleştirdiği bir çalışmada yulaf tanesindeki protein oranını kavuzsuz yulaf tanesi çeşitlerinde ortalama % 15.86, kavuzlu yulaf tane çeşitlerinde ise ortalama % 14.17 olarak belirlemiştir.

2.1.4.3. Yağlar

Yulaf, diğer tahıl tanelerine kıyasla yağ içeriği en yüksek olan türlerden biridir. Yulaf tanesinin kuru maddesinde % 5–9 oranında yağ bulunur ve bu oran buğday, arpa ve mısır gibi tahıllarla karşılaştırıldığında oldukça yüksektir (Peterson, 1992).

Yulaf yetiştiriciler; insan tüketiminde tercih edilecek olan yulaf taneleri için genellikle düşük yağ içeriğine sahip genotipleri tercih etme eğilimindedirler (Mut ve ark., 2018). Yulaf tanesindeki yağların büyük kısmı; embriyo (tohum gözü), aleuron tabakası ve endosperm çevresinde birikir. Bu lokalizasyon, yulafın kepekli formlarında yağ oranının daha yüksek olmasına yol açmaktadır. Rafine ürünlerde ise yağ miktarı daha düşüktür.

Yulaf yağı, doymamış yağ asitleri açısından oldukça zengindir. Yaklaşık dağılım Çizelge 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. Yulaf tanesinin yağ asitleri açısından bileşimi (Wood, 2007; Zhou ve ark., 2020).

Yağ Asidi	Oran (%)
Oleik asit (C18:1)	35–40
Linoleik asit (C18:2)	35–45
Palmitik asit (C16:0)	15–20
Linolenik asit (C18:3)	1–3

Bu bileşim, yulafı kalp ve damar sağlığını destekleyen bitkisel bir yağ kaynağı hâline getirmektedir. Özellikle oleik ve linoleik asit oranlarının dengeli olması, kolesterol seviyeleri üzerinde olumlu etkiler sağlamaktadır.

Yulaf tanesinde % 6.5'a kadar çıkabilen ham yağ, yulaf tanesine hayvanlarca beğenilen bir lezzet aromasını kazandırmaktadır. 1 kg yulaf tanesi 3500 kaloridir. Yulaf; çözünebilir nitelikteki lifler, proteinler, doymamış yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve fitokimyasallar gibi önemli besin maddelerini oldukça yüksek oranda bünyelerinde barındırmaktadır (Flander ve ark., 2007).

Yulaf çeşitlerinde doymamış yağ asitleri içeriği bakımından değerlendirildiğinde en çok oleik asit (18:1) yer almakta, ikinci olarak linoleik yağ asidi (18:2) takip etmektedir. Yulafın yağ içeriğinin ise % 2-12 gibi geniş bir aralıkta değiştiği, ortalama olarak % 7 yağ içeriğine sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Menon ve ark., 2016).

Karaman, (2020), serin iklim tahılları üzerine yapmış olduğu çalışmada, yulaf tanelerinin % 5.2 oranında yağ içerdiğini belirlemiştir. Karakuzu, (2022), yapmış olduğu bir çalışmada yulaf tanesindeki yağ içeriğinin ortalama % 4.99 olduğunu belirlemiştir.

2.1.4.4. Vitamin ve mineraller

Yulaf, yalnızca makro besin öğeleri (karbonhidrat, protein, yağ) açısından değil, aynı zamanda mikro besin öğeleri olan vitaminler ve mineraller bakımından da oldukça zengin bir tahıldır. Özellikle kepeğiyle birlikte tüketildiğinde vitamin-mineral içeriği daha yüksek olmaktadır. Bu yönüyle yulaf, dengeli beslenmede ve fonksiyonel gıdaların formülasyonunda önemli bir yer tutmaktadır (Rasane ve ark., 2015).

Özellikle E vitamini, yulaf tanesinin yağ içeriği ile antioksidan kapasitesini artırmakta ve hücreleri oksidatif stresten korumaktadır (Peterson, 2001).

Yulaf; B grubu vitaminleri, E vitamini ve az miktarlarda da K vitamini içermektedir. Özellikle sinir sistemi sağlığı, enerji metabolizması ve antioksidan savunma mekanizmaları açısından önemli olan bu vitaminler Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Yulaf tanesinin bulundurduğu vitaminler ve işlevleri (Karaman ve ark., 2020)

Vitamin	İşlevi	Yulaf İçeriği
B1 (Tiamin)	Karbonhidrat metabolizması, sinir fonksiyonu	Yüksek
B2 (Riboflavin)	Enerji üretimi, cilt sağlığı	Orta
B6 (Piridoksin)	Protein metabolizması, nörotransmitter sentezi	Orta-yüksek
Folat (B9)	DNA sentezi, hücre bölünmesi	Orta
E vitamini (Tokoferol)	Antioksidan koruma, hücre zarını koruma	Yüksek

Yulaf, özellikle E vitamini, B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B6 (piridoksin) gibi vitaminler ile demir, magnezyum, fosfor gibi mineraller açısından zengindir. Bu besin öğeleri, yulafın antioksidan kapasitesine katkı sağlarken bağışıklık sisteminin güçlenmesine de yardımcı olmaktadır (Rasane ve ark., 2015). Yulaf tanesinin fosfor, magnezyum ve demir açısından zengin bir içeriğe sahip olmasının yanısıra sınırlı miktarlarda kalsiyum, çinko ve bakır da içermektedir. 100 gram yulaf tanesinde 54 mg kalsiyum, 4.7 mg demir, 177 mg magnezyum, 523 mg fosfor, 2 mg sodyum ve 4 mg çinko içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Menon ve ark., 2016).

Kavuzlu ve kavuzsuz 5 farklı yulaf genotipinin incelendiği bir çalışmada kavuzlu yulaf tanelerinde 7.80 mg/kg, kavuzsuz yulaf tanelerinde ise 9.50 mg/kg E vitamini içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Sterna ve ark., 2016).

Mut ve ark. (2017), 26 farklı ülkeden elde edilen 81 farklı yulaf çeşidinin üç farklı konumda yetiştirilmesiyle elde edilen yulaf örneklerinin kimyasal bileşimini inceledikleri bir çalışmada; potasyum içeriğini 3.95 ile 6.19 g/kg, magnezyum içeriğinin 1.20 ile

1.75 g/kg, fosfor içeriğini 3.07 ile 4.2 g/kg ve kalsiyum içeriğini ise 0.30 ile 0.52 g/kg arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir.

Yalçın, (2018), 49 yulaf ıslah örneği üzerine gerçekleştirdiği bir çalışmada toplam mineral madde içeriğini ortalama en düşük 506.11 mg/100g, en yüksek 980.00 mg/100g olarak belirlemiştir.

2.1.4.5. Diyet lifi ve β -glukan içeriği

Yulaf hem çözüner hem de çözünmeyen diyet lifleri açısından zengin bir tahıl olup, bu özelliğiyle sindirim sağlığı, glisemik kontrol ve kolesterol regülasyonu üzerinde önemli etkiler göstermektedir. Yulafın kuru maddesinde toplam lif oranı genellikle % 10–12 civarındadır ve bu oranın büyük bir kısmını çözüner lifler oluşturmaktadır. Bu çözüner lifler arasında en dikkat çekici olanı ise β -glukandır (Rasane ve ark., 2015).

Yulaf diğer tahıl çeşitlerine göre yüksek diyet lif içeriğine sahiptir. Bu özelliği ile birçok hastalığı da önlemektedir (Anderson ve ark., 2009).

Çözüner lifler (suda çözünebilen lifler); başta β -glukan olmak üzere pektin, sakaridler ve oligosakkaritleri içermektedir. Su ile birleştiğinde jel yapısını oluşturmaktadır. Mide boşalmasını geciktirmekte, kan şekeri artışını yavaşlatmaktadır. Kolesterol emilimini azaltarak LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) düzeyini düşürmeye yardımcı olmaktadır (Whitehead ve ark., 2014). Tokluk hissini artırarak kilo kontrolüne katkı sağlamaktadır. Çözünmeyen lifler (suda çözünmeyen lifler) ise; selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi yapı taşlarını içermektedir. Dışkı hacmini artırarak, bağırsak hareketlerini düzenlemektedir. Kabızlık riskini azaltmakta ve kolon sağlığını desteklemektedir. Lif oranı, yulafın genetik yapısına, yetiştirme koşullarına, işleme şekline ve çimlendirme gibi ön işlemlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Özellikle çimlendirme, çözüner lif oranını artırarak fonksiyonel özelliklerini daha da güçlendirmektedir (Afify ve ark., 2012).

β -glukan, yulafın ayırt edici ve işlevsel en önemli bileşenlerinden biridir. Bu polisakkarit, yulaf tanesinin hücre duvarlarında yer alır ve çözüner lif fraksiyonunun büyük kısmını oluşturmaktadır. Yulafta % 3–6 oranında β -glukan bulunur; bu oran, buğday ve mısır gibi tahıllara kıyasla oldukça yüksektir (Wood, 2007).

Yulaf tanesi, bağırsak mikroflorası tarafından üretilen bütirat ve tortulu kısa zincirli yağ asitlerinin sayısını artıran ve bunların bağırsaktan geçiş sürelerini değiştiren önemli düzeylerde vitamin, mineral, lif ve fitokimyasalları bünyesinde barındırmaktadır.

Uzun sürelerle yulaf tanesi veya yulaf kepeği tüketimi, bağırsak hastalıklarına sahip bireylerde fayda sağladığı bilimsel olarak kanıtlanmıştır (Thies ve ark., 2014; Comino ve ark., 2015).

Brindzová ve ark. (2008), gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında, kavuzsuz yulaf tanelerinde β -glukan içeriğinin % 5.80 ile 6.80 arasında değiştiğini raporlamışlardır.

Mut ve ark. (2016), inceledikleri bir çalışmalarında kavuzsuz yulaf tane çeşitlerinde tane verimi ve kalite özelliklerini incelemişlerdir. β -glukan içeriğinin % 4.1 ile % 4.8 arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir.

Hamzaoğlu, (2021), gerçekleştirdiği bir çalışmada incelediği yulaf örneklerinin β -glukan oranlarının ortalama değerlerini; kavuzsuz yulaf örneklerinde % 4.08, kavuzlu yulaf örneklerinde ise % 3.10 olduğunu belirlemiştir.

Son zamanlarda; yulaf tanesinin bünyesinde barındırdığı maddelerden kaynaklı sağlığa yararlı etkilerin belirlenmesi, yulaf ve yulaf içerikli gıda ürünleri tüketiminin artmasına sağlamıştır (Ryan ve ark., 2011).

2.1.4.6. Antioksidanlar

Yulaf, sadece makro besin öğeleri bakımından değil, aynı zamanda biyolojik olarak aktif bileşenler yönünden de zengin bir tahıldır. Bu bileşenler arasında özellikle antioksidanlar, yulafın sağlığa katkı sağlayan etkilerinin temelini oluşturmaktadır. Antioksidanlar, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasara karşı hücreleri korumakta, yaşlanma sürecini yavaşlatmakta ve kronik hastalıklara karşı koruyucu etki göstermektedir (Peterson, 2001).

Yulafa özgü olan avenantramidler, sadece bu tahılda bulunan polifenolik bileşiklerdir. Fenolik asit türevleri olan avenantramidler, yulafın en güçlü antioksidanları olarak kabul edilmektedir (Emmons ve ark., 1999). Şimdiye kadar 25'ten fazla farklı avenantramid bileşiği tanımlanmıştır. En yaygın olanları: AVA-A, AVA-B ve AVA-C'dir.

Avenantramidlerin sağlık üzerine etkileri incelendiğinde; Anti-inflamatuvar özellikleri ile dikkat çekmektedir. LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) oksidasyonunu engelleyerek, kalp-damar hastalıkları riskini azaltmaktadır. Antihistaminik etkisiyle de alerjik reaksiyonları yatıştırabilir niteliktedir. Cilt sağlığını destekleyici etkileri nedeniyle de kozmetik ürünlerde de kullanılan bir üründür (Sur ve ark, 2008).

E vitamini (tokoferoller ve tokotrienoller) içeriği incelendiğinde; Yulaf tanesinde α -, β -, γ - ve δ -tokoferoller doğal olarak bulunmaktadır. Bu bileşenler hem yağların

bileşiminde bulunan oksidasyonunu engellemek suretiyle ürünlerin raf ömrünü uzatmakta hem de hücresel düzeyde güçlü bir antioksidan koruma sağlamaktadır (Rasane ve ark., 2015).

2.2. Yulafın Sağlığa Yararları

Son yıllarda insanların sağlığını ve bağışıklığını olumlu yönde destekleyici etkileri nedeniyle yulafa olan ilgi artmaktadır. Yulaf tüketimi toplam kolesterol ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) seviyesini azalttığı, kalp damar hastalıklarını ve kanseri, diyabeti ve gastrointestinal hastalıkları önlediği yapılan çalışmalarca belirlenmiştir (Anonim, 2016; Martinez ve ark., 2017).

Yulaf, içerdiği β -glukan, çözümlü diyet lifleri, avenantramidler, fenolik bileşikler, yüksek kaliteli protein ve doymamış yağ asitleri gibi bileşenlerle sağlık üzerine çok sayıda olumlu etki sunan fonksiyonel bir gıda olarak bilinmektedir. Düzenli yulaf tüketimi hem kronik hastalıkların önlenmesi hem de genel yaşam kalitesinin artırılması açısından önem taşımaktadır (Rasane ve ark., 2015).

Yulafın sağlık yararları arasında en çok araştırılan alan, kalp-damar sağlığı üzerindeki etkileridir. Özellikle β -glukan, bağırsakta kolesterol emilimini azaltarak serum LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterol düzeylerini önemli ölçüde düşürmektedir. FDA (ABD Gıda ve İlaç Dairesi) ve EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi), günlük 3 gram β -glukan alımının LDL kolesterolü düşürdüğü ve kalp hastalığı riskini azalttığı yönünde tavsiyelerde bulunmaktadır (Whitehead ve ark., 2014). Ayrıca yulafta bulunan avenantramidlerin antioksidan etkileri sayesinde, LDL'nin oksidasyonunu önleyerek ateroskleroz riskini azalttığı da bildirilmiştir (Sur ve ark., 2008).

Düzenli olarak β -glukan yulaf içeren besinlerin tüketimiyle, şeker krizlerini azalttığını ve yüksek tansiyon riskini düşürdüğünü ve buna bağlı olarak vücut bağışıklık sistemine olumlu etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir (Peterson, 2001; Liu ve ark., 2004).

Kan şekeri ve diyabet üzerine etkileri açısından bir değerlendirme yapıldığında yulafın düşük glisemik indeksi ve yüksek çözümlü lif içeriği sayesinde Tip 2 diyabetin kontrolünü kolaylaştırmaktadır (Tappy ve Lê, 2010). Ayrıca çimlendirilmiş yulaf ürünlerinin, β -glukan ve antioksidan içeriğinin daha yüksek olmasıyla glisemik kontrol açısından daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca düzenli yulaf tüketimi sağlandığında mide boşalmasını geciktiren jel benzeri yapılar oluşturmakta ve bu da daha uzun süre tokluk hissi sağlamaktadır. Bu

etkiler sayesinde yulaf, obeziteyle mücadele eden bireylerin diyetlerinde sıkça tüketimi önerilen bir ürün olarak kabul edilmektedir (Clark ve Slavin, 2013).

Yulaf, prebiyotik etki gösteren çözünür lifler ve β -glukan içeriği sayesinde bağırsak mikrobiyotasını da desteklemektedir. Böylece yararlı bakterilerin çoğalmasını teşvik etmekte (özellikle *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*), bağırsak florasının dengelenmesine yardımcı olmakta, iltihap azaltıcı etkiler göstermektedir (Keenan ve ark., 2002).

2.3. Yulafın Kullanım Alanları

Yulaf, sahip olduğu yüksek besin değeri, fonksiyonel bileşenleri ve teknolojik özellikleri sayesinde hem geleneksel hem de modern gıda sistemlerinde geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Bu tahıl ürünü; insan beslenmesinde, hayvan yemlerinde, endüstriyel ürünlerde ve kozmetik sektöründe değerlendirilebilen çok yönlü bir hammaddedir (Rasane ve ark., 2015).

İnsan beslenmesinde kullanımı

- Yulaf ezmesi: En yaygın tüketim formudur. Pişirilerek ya da sıcak su/ süt ile hazırlanarak kahvaltılık olarak tüketilmektedir.
- Yulaf unu: Unlu mamuller, kek, kurabiye, kraker ve glutensiz ürünlerde kullanılmaktadır.
- Yulaf lapası: Su ya da sütle pişirilerek tatlı veya tuzlu şekilde tüketilmektedir.
- Yulaf sütü: Bitkisel süt alternatifleri içinde giderek popülerlik kazanmaktadır.
- Atıştırmalıklar: Yulaf barları, granola, müsli ve enerji barlarında temel bileşen olarak yer almaktadır.
- Bebek mamaları ve yaşlı beslenmesi ürünleri: Kolay sindirilebilir yapısı nedeniyle tercih edilmektedir.

Bu ürünlerin çoğu, yüksek çözünür lif içeriği sayesinde kolesterol düşürücü, kan şekeri dengeleyici ve tokluk hissi artırıcı özellik göstermektedir (Whitehead ve ark., 2014).

Hayvan Yemlerinde Kullanımı

Yulaf, yüksek enerji değeri ve sindirilebilirliği sayesinde büyükbaş, küçükbaş ve at yemi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır. Diğer yemlik tahıllarla karşılaştırıldığında daha az nişasta ve daha fazla lif içermesi, sindirim sorunlarını azaltmakta ve hayvan sağlığını desteklemektedir.

Yulafın yemlik avantajları:

- Atlar için yüksek enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir.
- Genç hayvanların gelişiminde olumlu etki göstermektedir.
- Sindirimi kolay olup, şişkinlik yapma riski düşüktür (Peterson, 2005).

Yulaf kepeği ve yulaf posası da yem katkısı olarak değerlendirilebilir.

Endüstriyel ve Fonksiyonel Gıda Uygulamaları

Yulaf, teknolojik özellikleri nedeniyle fonksiyonel gıda üretiminde önemli bir bileşendir. Özellikle β -glukan içeriği ile:

- Kolesterol düşürücü ve kan şekeri düzenleyici ürünler,
- Diyet destekleyici ürünler (zayıflama diyetleri),
- Glutensiz fırın ürünleri
- Prebiyotik destekli süt ürünleri gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Ayrıca yulafın jel oluşturucu özelliği, emülsiyon stabilitesini artırıcı ve kıvam verici olarak da değerli niteliktedir (Zhou ve ark., 2020).

Kozmetik ve Cilt Bakım Ürünlerinde Kullanımı

Yulaf ve özellikle avenantramid içeriği, antioksidan, anti-inflamatuvar ve kaşıntı giderici özelliklere sahiptir. Bu nedenle:

- Cilt bakım kremleri,
- Güneş sonrası losyonlar,
- Egzama ve dermatit tedavisinde kullanılan topikal ürünler,
- Bebek pudraları ve sabunlar gibi pek çok kozmetik formülde koloidal

yulaf ekstresi olarak kullanılmaktadır (Sur ve ark., 2008).

2.4. Yulaf Ezmesi ve Üretimi

Yulaf ezmesi, yulaf tanesinin işlenerek tüketilebilir hâle getirilmiş en yaygın formudur. Yulaf ezmesi üretiminde yulaf taneleri temizlendikten sonra ısı ve nem işlemleriyle buharlama işlemine tabi tutulur ve ardından ezilerek yassılaştırılmaktadır. Bu işlem sindirilebilirliği artırmaktadır. Günümüzde hem endüstriyel üretimde hem de evsel tüketimde yulaf ezmesi, fonksiyonel ve sağlıklı bir besin olarak öne çıkmaktadır (Peterson, 1992).

Yulaf diğer tahıl türlerinden farklı olarak işlemeye alınmadan önce uzaklaştırılması gereken sert, tüketilmeyen bir dış kabuğa sahiptir. Kabuk yani kavuz olarak adlandırılan kısım uzaklaştırıldıktan sonra kalan kısım yulaf tanesi olarak adlandırılmaktadır. Kabuk tabakası oldukça besleyici olmasına rağmen yulafın tüketimini zorlaştırmasından ve yulaf tanesinin bozulmasına neden olan enzimleri barındırdığı için genellikle uzaklaştırılmaktadır. Tanedeki enzimleri inaktive edebilmek için de yulaf tanesi bazı işlemlere tabi tutulmaktadır. Bunlar genellikle ısı işlemlerdir. Yulaf ezmesi, işlenmiş tam tahıllı bir üründür. Kavuzlarından ayıklanmış ve buharda haşlama işlemi ile pişirilmiş ve kabuğu çıkarıldıktan sonra valsler arasında ezilerek elde edilmektedir (Anonymous, 2020).

Li ve ark., (2022) yapmış oldukları bir çalışmalarında gerçekleştirdikleri çalışmada yulaf ezmesi üretilmeden önce otoklavlama işlemi uygulanarak enzim aktivitesini %76 oranında azalttığını bildirmişlerdir.

Yulaf ezmesi üretimi, şu temel aşamalardan oluşur:

- Temizleme: Taneler yabancı maddelerden ayrılır.
- Buharlama (Stabilizasyon): Lipaz aktivitesinin durdurulması için ısı işlemi uygulanır; bu aşama bozulmayı ve acılaşmayı engellemektedir.
- Ezme: Taneler valsli değirmenlerden geçirilerek yassı hâle getirilir.
- Kurulama ve Paketleme: Son ürün nem oranı düşürülerek dayanıklı hâle getirilir. İşlenme derecesine göre farklı tipte yulaf ezmeleri üretilmektedir:
- Tam yulaf ezmesi: Geleneksel yöntemle elde edilir, daha uzun pişirme süresine sahiptir.
- Hızlı pişen yulaf ezmesi: Daha ince açılmıştır, 1–2 dakikada pişebilir yapıdadır.
- Anında yulaf ezmesi: Önceden pişirilmiş ve kurutulmuştur; sıcak su eklenerek hemen tüketilebilir formdadır.

Yulaf ezmesi, işleme sırasında kepeği ve embriyosu korunduğu için tam tahıl sınıfına girmektedir. Bu da onun lif, vitamin, mineral ve antioksidan içeriğinin yüksek kalmasını sağlamaktadır. Yulaf ezmesinin ortalama besin değeri Çizelge 2.7’de verilmiştir.

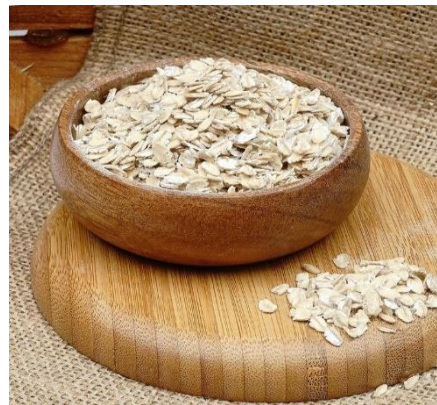
Çizelge 2.7. Yulaf ezmesinin ortalama besin değeri (100 g için) (USDA, 2023)

Besin Ögesi	Miktar (g)	Açıklama
Karbonhidrat	60–65	Ana enerji kaynağı
Protein	12–14	Yüksek kaliteli bitkisel protein
Yağ	6–7	Doymamış yağ asitleri açısından zengin
Lif	10	Yaklaşık %4’ü β -glukan
Enerji	360–390 kcal	Toplam kalori değeri

Bu değerler, yulaf ezmesini hem enerji verici hem de tok tutucu bir öğün alternatifi hâline getirmektedir (Rasane ve ark., 2015).

Yulaf ezmesi de yulaf gibi insan sağlığı üzerine önemli düzeyde fayda sağlamaktadır. Serum kolesterolünü düşürme, koroner kalp rahatsızlıklarını azaltma, diyabet semptomlarını azaltma, kan basıncını düşürme, kanseri önleme ve obeziteyi önlemesi gibi birçok etkisi ispatlanmıştır (Emmons ve ark., 1999).

Sağlıklı ve gönüllü olan 20 kişiyle gerçekleştirilen bir araştırmada, gönüllülerin diyetlerine yulaf ilave edilerek, kan/serum glikoz, trigliserit, toplam kolesterol, LDL, HDL (yüksek yoğunluklu lipoprotein) VLDL (çok düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterol düzeylerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda araştırmaya katılan kişilerin serum glikoz, trigliserit, kolesterol seviyelerini olumlu şekilde etkilediği ve başlangıç düzeyine göre azaldığı belirlenmiştir (Sürücüoğlu, 2003).



Şekil 2.7. Yulaf ezmesi (Anonim, 2025a)

Yulaf tanesi işleme şekillerine göre; yulaf kabuğu çıkarılan tane, çelik kesilmiş yulaf, İskoç yulafı, haddelenmiş veya eski moda yulaf ve hızlı veya hazır yulaf ezmesi olmak üzere 5 farklı şekilde tüketime sunulmaktadır. Yulaf ezmesinden en fazla fayda sağlamak için hazır ürünler tüketmek yerine çelik kesilmiş ya da haddelenmiş olanlar tercih edilmektedir. Tüm yulaf çeşitleri incelendiğinde aynı miktarda lif içerse de çelik ezilmiş yulaf, en düşük glisemik indekse sahip olan yulaf ezmesi çeşididir (Anonymous, 2022).

Yulaf ezmesinin (80 g) besin maddelerinin ana bileşenleri incelendiğinde ortalama olarak 304 kcal enerji, 8.8 g protein, 7.4 g yağ, 67.7 g karbonhidrat, 0.7 g lif, % 30.1 palmitik asit, % 34.6 oleik asit ve % 3.17 linolenik asit içermektedir (Xu ve ark., 2022).

2.5. Çimlendirme

Çimlendirme, tohumun uygun nem, sıcaklık ve oksijen koşullarında metabolik faaliyetlerini başlatarak embriyonun gelişimini sürdürdüğü biyolojik bir süreçtir. Tarımsal üretimde olduğu kadar fonksiyonel gıda geliştirme açısından da büyük öneme sahiptir. Son yıllarda, yulaf ve diğer tahılların çimlendirme işlemi sonrası besin değerlerinde ve biyofonksiyonel özelliklerinde meydana gelen artışlar, bu yöntemin gıda endüstrisinde kullanımını artırmaktadır (Kibar ve ark., 2010).

Yulaf tohumunun çimlenmesi genellikle şu aşamalardan oluşur:

- Islatma: Tohumlar belirli bir süre (genellikle 8–12 saat) suya bırakılır.
- Çimlenme: Nemli ortamda 1–7 gün boyunca belirli sıcaklıklarda (20–25 °C) bekletilir.
- Kurulama / Durulama: Gelişimi tamamlanan tohumlar kurutulur ve çeşitli analizler ya da ürünlerde kullanılmak üzere hazırlanır. Çimlendirme süresi genotipten genotipe farklılık gösterebilmekte, ayrıca süreç boyunca enzimatik aktivite, fenolik bileşik üretimi, vitamin sentezi ve antioksidan kapasitesi artış göstermektedir (Afify ve ark., 2012).

Çimlendirme süreci boyunca tohumda çeşitli biyokimyasal ve fizikokimyasal değişimler meydana gelmektedir. Tohumun su ile temasıyla birlikte başlayan metabolik aktivite artışı, hidrolitik enzimlerin aktive olmasına neden olur. Bu enzimler, tohumda bulunan bazı bağlı besin öğelerini serbest hale getirerek sindirilebilirliğin artmasına katkı sağlamaktadır. Bu değişimlerin, besin öğelerinin biyoyararlılığı ve biyo erişilebilirliğinde iyileşme ile sonuçlanmaktadır.

Yulaf tanelerinin çimlendirme işleminde, bileşenlerinde de önemli değişikliklere meydana gelmektedir. Özellikle, çimlendirme sırasında β -glukanaz enziminin artışı ile fonksiyonel bir bileşen olan β -glukanın miktarında ciddi artışlar meydana gelmektedir. Ayrıca çimlendirme işlemi ile yulaf tanelerinde toplam protein, diyet lifi, vitamin, mineral maddeler, fenolik bileşikler, lizin ve triptofan gibi amino asitlerin miktarında da önemli artışlar gözlemlenmektedir (Wilhelmson ve ark., 2001).

Tohumun içinde bulunan embriyo, uygun çevresel koşullar sağlandığında harekete geçerek serbest hale gelmekte ve gelişim sürecine başlamaktadır (Martinez-Villaluenga ve ark., 2008). Çimlenme süreci başladığında, tohum içinde çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik değişimler meydana gelmektedir. Bu süreç; su alımı, enzimlerin ve solunum faaliyetlerinin aktifleşmesi, lipid, protein ve karbonhidratların daha basit ve kullanılabilir bileşenlere dönüşmesi, nükleik asit ve protein sentezi, hücre farklılaşması ve büyüme gibi aşamaları kapsamaktadır (Kanmaz ve Ova, 2014).

Çimlendirme, hububatlar ve yalancı tahılların besin değerini artırmada düşük maliyetli, basit ve etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu fizyolojik süreç, bitki hücrelerinde matrise bağlı fitokimyasal bileşiklerin hidrolizini teşvik ederken, aynı zamanda yeni biyoaktif bileşiklerin oluşumuna da katkı sağlamaktadır (Paucar-Menacho ve ark., 2022; Martínez-Villaluenga ve ark., 2017). Çimlenme işlemi genel olarak şu aşamaları içermektedir:

- Öncelikle tanelerin hijyeninin sağlanması,
- Tohum embriyosunun metabolik faaliyetlerini sürdürebilmesi için uygun süreyle suda bekletilmesi,
- Ardından, enzim üretimi ve salınımının optimum düzeyde gerçekleşmesi adına sıcaklık, bağıl nem ve ışık-karanlık gibi çevresel faktörlerin kontrol altında tutulduğu koşullarda çimlenmeye bırakılması (Paucar-Menacho ve ark., 2022).

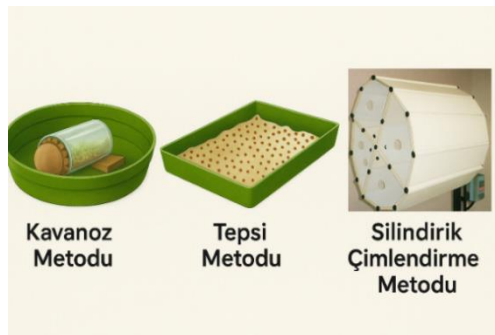
Çimlendirilmiş tahıl filizleri, çimlenmemiş tohumlara kıyasla daha yüksek miktarda amino asit, vitamin, mineral ve peptit içermektedir. Bunun yanı sıra, besleyici değeri azaltan bileşenler olan lektin, galaktosid, tannin ve tripsin inhibitörleri çimlenme süreciyle birlikte önemli ölçüde azalmaktadır. Polifenol ve antioksidan seviyeleri, çimlendirme gibi belirli işlemlerle artırılabilirken, pişirme gibi ısı işlemler sonucunda azalabilmektedir (Le ve ark., 2021).

Çimlendirme süreci, bitki ve tohumlarda diyet lifi, vitamin, mineral ve fenolik bileşiklerin sentezlenmesinin yanı sıra, protein, karbonhidrat ve yağ asidi kompozisyonlarında da önemli biyokimyasal değişikliklerin meydana gelmesini

sağlamaktadır. Bu biyokimyasal değişimler, çimlenmiş tohumların besin içeriğini iyileştirirken, insan beslenmesinde önemli bir rol oynamasının yanı sıra, birçok hastalığın önlenmesine de katkıda bulunmaktadır (Şenlik ve Alkan, 2021).

Günümüzde çimlendirilmiş soya, nohut, fasulye, mercimek, acı bakla ve bezelye unlarının ekmek yapımında kullanımı oldukça yaygındır. Ayrıca, çimlendirilmiş kahverengi pirinçten kahvaltılık gevrek, içecek ve yoğurt; çimlendirilmiş tritikale unundan kurabiye, çimlendirilmiş soya unundan besleyici bebek mamaları ve çimlendirilmiş pirinçten fonksiyonel besin takviyeleri üretilmesi, mevcut sağlıklı gıda uygulamaları arasında yer almaktadır (Liu ve ark. 2022).

Ayrıca bazı tüketiciler baklagiller, buğdaygiller, lahanagiller ve turpgiller gibi bitki familyalarına ait tohumları çimlendirerek elde edilen filizlerini salata olarak da tüketmektedir. Bunun yanı sıra, çimlendirilmiş tohumlar ve bu tohumların kullanıldığı fonksiyonel gıda ürünleri de gıda endüstrisinde giderek daha fazla yer edinmektedir. Çeşitli çimlendirilmiş tahıllar, kahvaltılık ürünlerden salatalara, çorbalardan makarnalara ve unlu mamullere kadar pek çok farklı gıda türünde kullanılmaktadır (Mao ve ark., 2005; Márton ve ark., 2010).



Şekil 2.8. Çimlendirme Yöntemleri (Sivritepe, 2010)

Marston ve De Rouche (2004), buğday üzerinde yürüttükleri bir çalışmalarında çimlenme işleminin ham protein içeriği üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve protein oranının % 12.32'den % 13.16'ya yükseldiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde; Calzuola ve ark. (2004), buğday tohumlarının çimlendirilmesi sonucunda protein miktarının arttığını ve yaklaşık % 13 oranında ham protein içerdiğini belirtmişlerdir.

Olçay ve Demir (2022), yalancı tahıllarda çimlendirme prosesinin etkilerini inceledikleri bir çalışmalarında; çimlendirme işleminin, yenilebilir tohumların besleyici özelliklerini artıran basit fakat etkili bir yöntem olarak öne çıktığını bildirmişlerdir. Bu

durum glutensiz ürünlerin besin içeriğini iyileştirmeye yönelik yaklaşımlardan biri de formülasyonda kullanılacak yalancı tahıllara uygulanacak çimlendirme işleminin olumlu etkileri olduğunu göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan yulaf (*Avena sativa*) örnekleri, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitü Müdürlüğünden (Konya) 2024 yılı Temmuz ayında hasat edilen 2 adet kavuzlu (Kazan ve Yeniçeri) ve 2 adet kavuzsuz (Katmerli ve Yazır) olmak üzere toplam 4 farklı genotip temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Yapılan ön denemelerde kavuzlu (Kazan ve Yeniçeri) ve kavuzsuz; (Katmerli ve Yazır), toplam 4 adet yulaf örnekleri 5 gün boyunca çimlenme işlemine tabi tutulmuş olup; en iyi çimlendirme sürelerinin 1., 2. ve 3. günlerin sonunda olduğu belirlenmiş, asıl deneme planlamalarında 3. güne kadar çimlendirmenin yapılmasına karar verilmiştir.

Asıl denemelerde; 4 farklı yulaf örneği, 3 farklı çimlendirme süresince (1., 2. ve 3 gün) çimlendirilmiş, kontrol örneği olarak da çimlendirilmemiş taneler (0. gün) kullanılmıştır. Çalışmamız (4 x 4) x 2 deneme planına göre yürütülmüştür.

3.2.2. Yulaf ezmesi üretimi

Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitü Müdürlüğünden temin edilen tüm yulaf örnekleri, kavuzlarından ve yabancı maddelerinden kuru temizleme işlemine tabi tutulmak suretiyle temizlenmiştir.

Kuru temizleme aşamasından sonra, yaş temizleme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada; temizlenen, kavuzlarından arındırılan ve yulaf üretime hazır hale getirilen tüm yulaf örnekleri, oda sıcaklığındaki saf su yardımıyla üzerinde bulunabilecek tüm toz, kir vb. yabancı maddelerinden arındırılmak amacıyla berrak su elde edilene kadar yıkanmıştır. Yıkanan tüm örneklerin dezenfeksiyonu amacıyla da % 2.5'luk NaOCl (sodyum hipoklorit) çözeltisinde 10 dk bekletilme işlemi uygulanmış ve ardından süzülerek saf su ile tekrar yıkanmıştır. Daha sonra suda bekletme işlemi gerçekleştirilmiştir. Suda bekletme işlemi için süre tanenin boyutlarına, su absorpsiyon

miktarına, karakteristik özelliklerine ve örnek yapısına göre değişebilmektedir. Bu özellikler göz önüne alınarak gerçekleştirilen tüm deneme sonuçlarına göre tanelerin 8 saat süre ile suda bekletilmesine karar verilmiştir. Daha sonra tüm taneler süzgeç yardımıyla süzölmüş ve çimlendirme kavanozlarına (GEO marka, Bavicchi, İtalya) yerleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Çimlendirme kavanozu (Anonim, 2025b)

Daha sonra, çimlendirme kavanozları çimlendirme kabiniinde (Nüve TK 120, Ankara, Türkiye) $20\pm 4^{\circ}\text{C}$ ' de çimlenme işlemine bırakılmıştır. Çimlendirme esnasında yulaf örneklerinin yüzeyinde oluşabilecek mikrobiyal gelişimi engellemek maksadıyla her 24 saatte bir, tüm örnekler saf su ile yıkanmıştır. Bu işlemler 3 gün boyunca (çimlendirme işlemi süresince) devam etmiştir. Çimlenme süreleri sonunda; çimlendirilme işlemine tabi tutulan tüm örneklere otoklavlama işlemi uygulanmış (121°C 'da 15 dk) ve yulaf örneklerinin doğal tabiatında bulunan enzimleri inaktive edilmiştir. Çimlenen ve enzimleri inaktive edilen tüm yulaf örneklerin su içeriği % 14'ün altına düşene kadar etüvde (Nüve KD 200, Ankara, Türkiye) 40°C 'de kurutulmuştur. Daha sonra yulaf örnekleri laboratuvar tipi bir yulaf ezme makinası yardımıyla (Komo Flic Floe, Avusturya) ezmesi haline getirilmiştir.

Üretilen tüm yulaf ezmesi örnekleri analizlerde kullanılmak üzere, $500\ \mu\text{m}$ 'lik elek altına geçecek şekilde öğütölmüştür. Bu örnekler de analiz edilene kadar steril ve hava almayan kilitli poşetlerde muhafaza altına alınmıştır.



Şekil 3.2. Ezme cihazı (Anonim, 2025c)

3.2.3. Yulaf ezmesindeki renk analizleri

Yulaf ezmesi örneklerinin renk okumaları Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak L^* değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a^* değeri [(+) kırmızı- (-) yeşil] ve b^* değeri [(+) sarı-(-) mavi] cinsinden ölçülmüştür (Francis, 1998).

3.2.4. Yulaf ezmesindeki kimyasal analizler

3.2.4.1. Nem Tayini

135°C'de 2.5 saat normu uygulanarak AACC 44–19 standart metoduna göre gerçekleştirilmiştir (AACC, 2010).

3.2.4.2. Kül Tayini

Kül analizi AACC 08–01'e göre, örneklerdeki organik bileşiklerin 550°C'deki kül fırınında yakılması suretiyle tespit edilmiştir (AACC, 2010).

3.2.4.3. Ham protein tayini

Ham protein analizlerinin Kjeldahl yöntemiyle AACC 46–12'ye kuru madde esasına göre yapılmıştır (AACC, 2010).

3.2.4.4. Ham yağ tayini

Bu analizlerde AACC 30-25 metodu kullanılmıştır (AACC, 2010). Kuru madde esasına göre yapılan bu analizde, örnekler hekzan ile otomatik yağ ekstraksiyon cihazında (Velp SER 148/6, Usmate, İtalya) ekstrakte edildikten sonra, solvent uzaklaştırılmış ve elde edilen yağ miktarlarından % ham yağ hesaplanmıştır.

3.2.4.5. Karbonhidrat içeriği hesaplaması

Karbonhidrat değerleri Schakel ve ark. (1997)'na göre aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Karbonhidrat (\%)} = 100 - (\%nem + \%protein + \%yağ + \%kül)$$

3.2.4.6. Enerji içeriği hesaplaması

Enerji değerleri Schakel ve ark. (1997)'na göre aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Enerji (kcal/100 g)} = 4*(\%karbonhidrat) + 4*(\%protein) + 9*(\%yağ)$$

3.2.5. Yulaf ezmesindeki besinsel analizler

3.2.5.1. Toplam fenolik madde (TFM) tayini

Toplam fenolik madde analizi, Folin-Ciocaltaeu metodu kullanılarak spektrofotometrik olarak yapılmıştır.

Örnekler (4 g), asitlendirilmiş metanol (HCl/metanol/su, 1:80:10, h/h) içerisinde (20 ml), 2 saat boyunca su banyosunda (24±1°C) çalkalanarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda örnekler, 3000 rpm'de 10 dakika süre ile santrifüj edilmiş ve supernatant elde edilmiştir (Gao ve ark., 2002; Beta ve ark., 2005).

Daha sonra; 0.1 ml supernatant, 0.5 ml Folin-Ciocaltaeu reaktifi (%10'luk, h/h, suda) ve 1.5 ml sodyum karbonat çözeltisi (% 7.5'luk, a/h, suda) deney tüpünde karıştırılmış, 2 saat oda sıcaklığında (24±1°C) karanlıkta bekletilerek inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda çözeltilerin absorbans değerleri 760 nm de spektrofotometrede (Libra S60, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) okunmuştur. Analiz sonunda elde edilen absorbans değerlerinden, toplam fenolik madde miktarının gallik aside (mg GAE/g) eşdeğer olacak şekilde hesaplaması yapılmıştır (Slinkard ve Singelton, 1977, Gamez-Meza ve ark., 1999).

3.2.5.2. Antioksidan aktivite

Yulaf ezmesi örneklerinin antioksidan aktivite değerleri; 2,2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Gyamfi ve ark., 1999) kullanılarak belirlenmiştir. DPPH tayini için 0.2 ml süpernatant üzerine 3.8 ml 60 µmol DPPH çözeltisi eklenmiş ve örnekler oda sıcaklığında 30 dk karanlıkta inkübe edilmiştir. Süre sonunda spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunarak DPPH radikal yakalama aktivitesi değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar 100 g örnekteki Trolox eşdeğeri cinsinden mg antioksidan kapasite (mg TE/100 g) olarak ifade edilmiştir.

3.2.6. İstatistiksel Analiz

İki tekerrürlü olarak yürütülen denemelerden elde edilen veriler, JMP istatistik yazılımının 14.0.1 sürümü (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan temel varyasyon kaynaklarının ortalama değerleri ise Tukey HSD testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Yulaf Ezmesi Renk Analiz Sonuçları

Renk parametrelerinden L^* değeri parlaklık düzeyini ifade ederken ($L=0$ siyah, $L=100$ beyaz), $+a^*$ kırmızı, $-a^*$ yeşil, $+b^*$ sarı ve $-b^*$ ise mavi renk tonunu göstermektedir (Liu ve ark., 2018).

Yulaf ezmesi örneklerinin renk analiz değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Renk analiz sonuçlarına göre; L^* değerleri 61.12 ile 77.90, a^* değerleri 1.12 ile 4.65 ve b^* değerlerinin 15.95 ve 23.43 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.1. Yulaf ezmesi örneklerine ait renk analizi sonuçları¹

Yulaf Genotipi	Çimlendirme süresi	L^*	a^*	b^*	
Kavuzlu	Kazan	0. gün	70.65±0.08	2.27±0.08	18.69±0.1
		1. gün	69.98±0.56	2.20±0.13	19.21±0.3
		2. gün	66.99±0.65	2.04±0.16	21.58±0.0
	Yeniçeri	3. gün	67.77±0.01	1.74±0.04	21.45±0.3
		0. gün	77.90±1.08	1.12±0.14	15.95±0.3
		1. gün	71.24±0.33	1.33±0.06	18.80±0.7
Kavuzsuz	Katmerli	2. gün	71.14±0.05	1.33±0.08	19.81±0.0
		3. gün	71.09±0.02	1.23±0.03	19.41±0.2
		0. gün	72.67±0.11	2.26±0.05	20.51±0.0
	Yazır	1. gün	68.40±0.02	2.08±0.06	18.10±0.2
		2. gün	68.17±0.01	3.63±0.11	23.43±0.23
		3. gün	61.12±0.49	4.65±0.04	21.92±0.08
Kavuzsuz	Yazır	0. gün	72.48±0.08	1.86±0.01	18.56±0.3
		1. gün	72.80±0.04	1.86±0.01	18.66±0.2
		2. gün	66.99±0.07	2.19±0.03	19.65±0.2
		3. gün	64.77±0.77	3.10±0.04	19.37±0.1

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.01$). L^* parlaklık ($L=0$ siyah, $L=100$ beyaz), $+a^*$ kırmızı, $-a^*$ yeşil, $+b^*$ sarı ve $-b^*$ ise mavi renk tonunu ifade eder.

Kılınçer (2018), çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagil tanelerinin besinsel ve fonksiyonel özellikleri üzerine gerçekleştirdiği çalışmada; yulaf tanelerinin L^* değerinin 79.53-85.29; a^* değerinin 0.42-1.08 ve b^* değerinin 13.28-20.97 arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Kömürcü (2021), ilkel buğdayları çimlendirerek ekmek ve erişte üretiminde kullanımını araştırdıkları bir çalışmalarında; L^* değerleri Einkorn için 78.92-89.67 ve Esperia ilkel buğday türlerinde 82.63-87.55 aralığında değişikliği tespit etmiştir.

Olçay (2024), amarant ve karabuğday tohumlarının çimlendirilerek ekmek ve tarhana üretiminde kullanımını incelediği bir çalışmada; L^* değerlerinin 33.03 ile 95.42 arasında, a^* değerlerinin -5.44 ile 12.06 arasında, b^* değerlerinin ise 12.00 ile 38.86 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir

Çizelge 4.2’de verilen yulaf ezmesi örneklerinin renk analizlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre; renk L^* , a^* ve b^* değerleri üzerinde çimlendirme süresi ve yulaf genotipi varyasyon kaynakları istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli düzeyde etkili bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Yulaf ezmesi örneklerinin renk analizlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	L^*		a^*		b^*	
		KT	F	KT	F	KT	F
Çimlendirme süresi (A)	3	231.25	409.05**	3.64	176.03**	42.74	168.46**
Yulaf genotipi (B)	3	121.82	215.47**	14.62	707.68**	30.56	120.47**
A x B	9	88.92	52.43**	7.68	123.97**	21.48	28.22**
Hata	6		146.61		235.44		70.07

¹ * $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ² L^* : Parlaklık, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri

Çizelge 4.3’te verilen Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; yulaf ezmesi örnekleri arasında en yüksek (L^*) parlaklık değerini Yeniçeri yulaf ezmesi örneklerinde tespit edilmişken (72.84), en düşük değerleri ise Katmerli (67.57) yulaf ezmesi örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca çimlendirme süresi açısından bir değerlendirme yapıldığında; en yüksek (L^*) renk parlaklık değerleri 0. gün yani çimlendirilmemiş kontrol grubu yulaf ezmesi örneklerinde tespit edilmiştir. Çimlendirme süresine bağlı olarak parlaklık değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir. En düşük parlaklık değerlerinin 3 gün çimlendirme işlemi uygulanmış yulaf ezmesi örneklerinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.3’te verilen sonuçlara göre renk a^* değerleri incelendiğinde; en düşük a^* değerlerini Yeniçeri yulaf ezmesi örneklerinde elde edilmişken, en yüksek veriler ise Katmerli yulaf ezmesi örneklerinde belirlenmiştir. Çimlendirme süresindeki artış ise renk a^* (kırmızılık) değerlerinin istatistiki olarak artmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 4.3. Yulaf ezmesi örneklerinin renk analizlerine ait Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Yulaf Genotipi		L^*	a^*	b^*
Kavuzlu	Kazan	68.85±0.32 ^b	2.06±0.10 ^c	20.23±0.22 ^b
	Yeniçeri	72.84±0.37 ^a	1.25±0.08 ^d	18.49±0.32 ^d
	Katmerli	67.57±0.16 ^c	3.15±0.07 ^a	20.99±0.15 ^a
Kavuzsuz	Yazır	69.26±0.24 ^b	2.25±0.02 ^b	19.06±0.26 ^c
Çimlendirme süresi (gün)				
	0	73.42±0.34 ^a	1.88±0.07 ^c	18.42±0.21 ^c
	1	70.60±0.24 ^b	1.87±0.06 ^c	18.69±0.40 ^c
	2	68.32±0.20 ^c	2.30±0.10 ^b	21.11±0.14 ^a
	3	66.18±0.32 ^d	2.68±0.04 ^a	20.54±0.20 ^b

¹ L^* : Parlaklık, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri.

Renk b^* değerleri arasında ise en yüksek b^* değeri çimlendirme süresine bağlı olarak 2 gün çimlendirme süresi uygulamasıyla 21.11 ile kaydedilmiştir. Genotipler arasında Katmerli genotipi en yüksek b^* değerine 20.99 sahip olup sarı tonun daha baskın olduğunu ortaya konulmuştur. En düşük b^* (sarılık) değeri ise Yeniçeri genotipinde 18.49 olarak ölçülmüştür. Bu durum, bu genotipin daha az sarımsı tona sahip olduğunu ifade etmektedir.

Kavuzsuz genotipler daha açık tonlu ve nötr, kavuzlu genotipler ise daha koyu renk profili sergilemektedir. Bu veriler, özellikle Katmerli ve Yeniçeri yulaf çeşitleri renk değerleri açısından diğerlerine göre istatistiksel olarak farklılıklar göstermiştir. Çimlenme süresinin artışıyla birlikte elde edilen yulaf ezmelerinde renk parametrelerinde belirgin değişiklikler gözlenmiştir. 3 günlük çimlenme sonrası L^* (parlaklık) değerlerinde azalmalar meydana gelirken, a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerlerinde artışlar saptanmıştır ($p < 0.005$). Bu durum çimlenme sırasında gerçekleşen maillard reaksiyonuna bağlı olarak enzimatik oksidasyonun gerçekleşmesi ve fenolik bileşiklerin sentezlenmesinin de etkisiyle renk pigmentlerinde birtakım değişikliklerin yaşandığını göstermektedir. Kavuzsuz genotipler daha açık tonlu ve nötr, kavuzlu genotipler ise daha koyu renk profili sergilemektedir. Bu veriler, fonksiyonel ürün geliştirme sürecinde genotip seçiminin ürünün görsel kalitesi açısından önemli olduğunu göstermektedir.

Çimlendirme işleminin tahıl ürünlerinin renk özellikleri üzerindeki etkisi, daha önce yapılmış çeşitli araştırmalarla da ortaya konmuştur. Öztürk (2008), buğday tanesi

üzerinde yaptığı bir çalışmada, çimlendirme uygulaması sonrasında L^* değerinin 77.37'den 63.85'e düştüğünü, a^* değerinin 3.50'den 7.12'ye yükseldiğini ve b^* değerinin ise 13.77'den 25.84'e çıktığını bildirmiştir. Tok (2017) tarafından buğday ve yeşil mercimek ile yürütülen bir çalışmada, çimlendirme süresi arttıkça örneklerin parlaklık düzeylerinde azalma gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, Tian ve ark. (2010) çimlendirilmiş yulaf tanelerini inceledikleri bir çalışmalarında, artan çimlenme süresine bağlı olarak L^* değerinde azalmaların (80,01'den 54,77'ye) ve b^* değerinde artışların (9.15'ten 21.75'e) meydana geldiğini rapor etmiştir. Bu çalışmaların sonuçları, çimlendirme süresinin yulaf ezmesinin renk parametreleri üzerinde önemli değişimlere neden olduğunu gösteren bulgularımızla örtüşmektedir.

Renk değerlerindeki bu değişikliğin muhtemel nedenleri arasında; (L^* değerlerindeki azalma, a^* ve b^* değerlerindeki bu artış) kullanılan tohum çeşitleri, çimlendirme süresinin uzunluğu, çimlendirme süresi esnasında gerçekleşen maillard reaksiyonuna bağlı olarak enzimatik oksidasyonun gerçekleşmesi ve fenolik bileşiklerin sentezlenmesi, kurutma işlemi sırasında uygulanan sıcaklık ve ıslatma süresinin farklılık göstermesi sayılabilir.

4.2. Yulaf Ezmelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Gıdalar, genellikle beslenme ve zevk alma (hedonik) olmak üzere iki temel işlev üzerinden değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda, bir gıdanın besin değeri ve hedonik değeri, gıda değerlendirme sürecinde iki temel kriter olarak öne çıkmaktadır. Gıdaların yapıtaşlarını oluşturan kimyasal bileşikler ve bu bileşiklerin insan sağlığı üzerindeki etkileri büyük ölçüde tanımlanabilmiş olup, bu durum gıdaların besin değerinin belirlenmesini, hedonik değerine kıyasla daha kolay ve nesnel hale getirmektedir (Belitz ve ark., 2008).

Beslenme şekli, pek çok hastalığın gelişiminde doğrudan etkili bir faktördür. Öte yandan, dünya genelinde beslenme yetersizliği kaynaklı ölümler hâlen ciddi bir insani sorun olmayı sürdürmektedir. Bu bağlamda, sağlıklı yaşamın sürdürülmesi ve yaşam süresinin uzatılmasında yeme alışkanlıklarının değiştirilmesi kilit bir rol oynamaktadır (Anonymous, 2018).

Gıdaların karmaşık yapılarını anlamak ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini doğru biçimde değerlendirebilmek için öncelikle bileşimlerinin detaylı biçimde ortaya konması,

ardından işleme süreçlerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi gerekmektedir. Gıdaların kimyasal yapılarının anlaşılması yalnızca besinsel katkılar açısından değil; aynı zamanda teknolojik ve endüstriyel yeniliklerin geliştirilmesi açısından da büyük önem arz etmektedir (Belitz ve ark., 2008).

Bu bağlamda üretimi gerçekleştirilen yulaf ezmesi örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.4'te, bu analizlere ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5'te ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi bulguları ise Çizelge 4.6'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.4. Yulaf ezmesi örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları¹

Yulaf genotipi	Çimlendirme süresi	Nem (%)	Kül (%)	Ham Yağ (%)	Ham Protein (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (kcal/100 g)	
Kavuzlu	Kazan	0. gün	6.89±0.11	2.05±0.01	6.41±0.04	13.35±0.07	71.30±0.07	396.27±0.18
		1. gün	6.80±0.01	1.77±0.03	6.30±0.04	12.44±0.03	72.69±0.10	397.24±0.09
		2. gün	7.68±0.27	1.82±0.01	4.76±0.20	13.87±0.01	71.88±0.06	385.80±2.07
		3. gün	8.67±0.23	1.87±0.01	4.95±0.06	13.78±0.04	70.72±0.21	382.60±1.19
	Yeniçeri	0. gün	6.74±0.02	1.83±0.01	6.71±0.36	12.49±0.03	72.24±0.41	399.26±1.74
		1. gün	6.89±0.08	1.94±0.02	6.63±0.17	13.99±0.06	70.55±0.18	397.82±0.61
		2. gün	7.87±0.01	1.77±0.01	6.95±0.39	13.16±0.06	70.25±0.30	396.18±2.03
		3. gün	7.61±0.04	1.78±0.01	6.87±0.21	13.73±0.01	70.01±0.14	396.81±1.28
Kavuzsuz	Katmerli	0. gün	1.47±0.10	1.97±0.05	7.43±0.01	11.88±0.04	77.25±0.19	423.36±0.53
		1. gün	3.62±0.04	1.84±0.01	5.92±0.30	13.71±0.01	74.91±0.24	407.77±1.74
		2. gün	2.10±0.03	2.04±0.01	6.74±0.62	13.82±0.03	75.31±0.68	417.15±2.94
		3. gün	10.82±0.02	1.95±0.02	2.98±0.46	14.48±0.03	69.76±0.39	363.81±2.48
	Yazır	0. gün	1.96±0.09	1.96±0.04	6.56±0.46	14.22±0.03	75.30±0.56	417.10±1.81
		1. gün	3.22±0.35	2.00±0.12	6.80±0.39	13.56±0.01	74.41±0.15	413.12±2.86
		2. gün	2.69±0.25	1.93±0.05	6.52±0.06	13.88±0.04	74.98±0.19	414.08±1.49
		3. gün	9.00±0.04	1.84±0.01	6.15±0.55	14.02±0.03	68.99±0.57	387.42±2.49

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalamasıdır.

Çizelge 4.5. Yulaf ezmesi örneklerinin kimyasal analizlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	Nem		Kül		Yağ		Protein		Karbonhidrat		Enerji	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Çimlendirme süresi (A)	3	109.60	1565.06**	0.04	8.00**	80.14	225.44**	80.14	225.44**	80.14	225.44**	3264.76	311.76
Yulaf genotipi (B)	3	74.01	1056.86**	0.07	15.58**	62.92	177.00**	62.92	177.00**	62.92	177.00**	1348.67	128.67**
AXB	9	70.72	336.63**	0.16	11.72**	44.94	42.14**	44.94	42.14**	44.94	42.14**	255.59	81.22**
Hata	16	680.96		11.11		19.53		841.48		99.16		128.13	

¹ *p<0.05 düzeyinde önemli, **p<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.6. Yulaf ezmesi örneklerinin kimyasal analizlerine ait Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Yulaf Genotipi	n	Nem (%)	Kül (%)	Ham Yağ (%)	Ham Protein (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (kcal/100 g)	
Kavuzlu	Kazan	4	7.51±0.15 ^a	1.88±0.01 ^{bc}	5.60±0.08 ^b	13.36±0.04 ^c	71.65±0.11 ^c	390.48±0.88 ^d
	Yeniçeri	4	7.28±0.04 ^b	1.83±0.01 ^c	6.79±0.28 ^a	13.34±0.04 ^c	70.76±0.26 ^d	397.52±1.41 ^c
Kavuzsuz	Katmerli	4	4.50±0.05 ^c	1.95±0.02 ^a	5.77±0.35 ^b	13.47±0.03 ^b	74.31±0.38 ^a	403.02±1.92 ^b
	Yazır	4	4.22±0.18 ^d	1.93±0.06 ^{ab}	6.51±0.37 ^a	13.92±0.03 ^a	73.42±0.37 ^b	407.93±2.16 ^a
Çimlendirme günü								
	0.	4	4.26±0.08 ^c	1.95±0.03 ^a	6.78±0.22 ^a	12.98±0.04 ^d	74.02±0.31 ^a	409.00±1.06 ^a
	1.	4	5.13±0.12 ^b	1.88±0.05 ^b	6.42±0.23 ^{ab}	13.42±0.03 ^c	73.14±0.17 ^b	403.99±1.32 ^b
	2.	4	5.08±0.14 ^b	1.89±0.02 ^b	6.24±0.32 ^b	13.68±0.04 ^b	73.10±0.31 ^b	403.30±2.13 ^b
	3.	4	9.03±0.08 ^a	1.86±0.01 ^b	5.24±0.32 ^c	14.00±0.03 ^a	69.87±0.33 ^c	382.66±1.86 ^c

¹ Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.2.1. Nem

Çimlenme, tohumun uygun koşullarda su almasıyla başlayan bir süreç olup, bu süreci tohumun şişmesi, enzimlerin aktif hale gelmesi, embriyonun büyümeye başlaması ve tohum kabuğunun kırılması takip eder. Son aşamada ise filiz çıkışı gerçekleşir. Tohumun su alarak şişmesi, çimlenme sürecinde kritik bir aşamadır ve çimlenmenin gerçekleşebilmesi için tohumun su içeriğinin %90'ın üzerinde olması gerekmektedir (Kanmaz, 2017). Bu nedenle çimlendirme prosesi açısından nem içeriği önem arz etmektedir.

Üretilen yulaf ezmesi örneklerinin nem değerleri % 1.47 ve % 10.82 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.4).

Şahin ve ark. (2017), 3 farklı yulaf genotipi üzerinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada; yulaf örneklerinin nem değerlerinin % 9.0 ve % 9.9 aralığında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir.

Kılınçer (2018), tahıl ve baklagilleri incelediği bir çalışmada yulaf örnekleri üzerinde farklı çimlendirme süreleri denemiş ve nem içeriklerinin % 6.46-9.43 aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

Hamzaoğlu (2021), kavuzlu ve kavuzsuz yulaf genotiplerini incelediği bir çalışmada; kavuzsuz yulaf genotiplerinin ortalama % 8.89, kavuzlu yulaf genotiplerinin ise % 8.15 nem içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Bu değerlere göre yulaf ezmesi örneklerinin nem içeriklerinin daha düşük çıkması; yulaf genotiplerinin farklı olması, yulaf ezmesi prosesinde uygulanan aşamalardan kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Üretimi gerçekleştirilen yulaf ezmesi örneklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiş olup bu verilere göre bir değerlendirme yapıldığında çimlendirme süresi ve yulaf genotipinin nem değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) düzeyinde etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6'da verilen Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde;

Yulaf genotipleri arasında en yüksek nem % 7.51 ile kavuzlu yulaf genotiplerinden Kazan yulaf ezmesi örnekleri vermişken, en düşük nem değerleri % 4.22 ile Yazır yulaf ezmesi örneklerinde belirlenmiştir. Kavuzlu yulaf ezmesi örneklerinin nem değerleri kavuzsuz yulaf ezmesi örneklerine göre daha yüksektir. Bu durum, Kazan ve Yeniçeri yulaf genotiplerinin genetik olarak daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olabileceklerini düşündürmektedir. Yani enzimatik aktivasyon profili, hücre duvar yapısı, embriyo oranı ve nişasta kompozisyonu gibi bazı faktörlerin bu sonuçları etkilediği değerlendirilmektedir. Ayrıca çimlendirme süresi açısından bir değerlendirme yapıldığında; en yüksek nem değerleri 3 gün çimlendirme işlemi uygulanmış yulaf ezmesi örnekleri vermiştir. Bu sonuçlara göre, çimlendirme süresi arttıkça yulaf ezmesi örneklerinin nem değerlerinin de arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu artış, tohumun su alımıyla başlayan çimlenme sürecinde metabolik aktivitenin hız kazanması, hücre duvarlarının geçirgenliğinin artması ve yeni hücre oluşumuyla birlikte daha fazla suyun biyolojik olarak tutulması ile açıklanabilir. Özellikle 3. gün itibariyle tohumların embriyo ve kökçük oluşumu gibi gelişmiş çimlenme aşamalarını geçirmesi, su tutma kapasitelerini bariz bir şekilde arttırmıştır. Ayrıca yulafın yapısında bulunan çözünür liflerin su bağlama kapasitesi de nem artışını desteklemiştir.

Tok (2017), buğday, çavdar ve yeşil mercimek tanelerini çimlendirip ekmek ve bisküvi üretiminde değerlendirdiği bir çalışmada; çimlendirilmemiş çavdar tanelerinin nem değerini % 10.59, 5 gün boyunca çimlendirilen çavdar tanelerinin nem içeriğini ise % 13.34 olarak belirlemiştir. Kim ve ark. (2001), gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında karabuğday tanelerindeki nem oranının 6 günlük çimlenme aşamasının sonucunda yaklaşık 9 kat arttığını belirlemişlerdir. Liu ve ark. (2017) çimlendirilen buğdaydan elde edilen tortilla tipi makarna üretiminde % 0, 25, 50 ve 100 oranlarında kullanmışlar ve çimlenmiş buğday oranı arttıkça makarnalarda su oranının yükseldiğini rapor etmişlerdir.

Bu bulgular, çimlendirme işleminin tane nemi üzerine önemli bir etki yarattığını göstermekte olup, yürütülen çalışma kapsamında elde edilen verilerle de örtüşmektedir.

4.2.2. Kül

Kül değeri, bir gıdanın toplam mineral içeriğini temsil etmektedir. Çimlendirme işlemi, tohumun biyokimyasal yapısında çeşitli değişikliklere neden olmakta; bu süreçte enzimatik aktiviteler artmakta, bazı bileşenler parçalanmakta veya farklı bileşiklere dönüşmektedir. Çimlenme sırasında mineral maddelerin çözünürlüğü ve biyoyararlılığı artabileceği gibi, bazı minerallerin yapısal bozulmaya uğraması da mümkündür (Afify ve ark., 2012).

Üretilen yulaf ezmesi örneklerinin kül miktarları % 1.77 ile % 2.05 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.4). Bu aralık, çimlendirme süresi ve tür farklılıklarına bağlı olarak mineral madde içeriğinde önemli değişimler yaşandığını göstermektedir. Kömürcü (2021), ilkel buğdayların çimlendirilmesi üzerine gerçekleştirdiği çalışmasında çimlendirdiği buğday numunelerinin % 1.53-2.39 aralığında değiştiğini belirlemiştir. Şirin (2021), çimlendirilmiş çavdar ve yulaf tanelerinin bisküvi üretiminde kullanımını incelediği bir çalışmada çimlendirilen hammaddelerdeki kül miktarını çavdar için %1.60, yulaf için ise 1.86 olarak belirlemiştir.

Çizelge 4.5'te verilen varyans analiz sonuçlarına göre çimlendirme süresi ve yulaf çeşidi varyasyon kaynaklarının yulaf ezmesi örneklerinin kül içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) etkide bulunduğunu göstermektedir.

Turkey HSD karşılaştırma testi sonuçları yulaf genotiplerine göre incelendiğinde, örneklerin kül içeriğinde önemli farklılıklar olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6). En yüksek kül oranı (% 1.95) Katmerli yulaf ezmesi örneklerinde tespit edilmiştir. Bu çeşidi Yazır (% 1.93) takip ederken, Kazan (% 1.88) ve Yeniçeri (% 1.83) yulaf ezmesi örnekleriyle en düşük kül değerlerine sahip olmuştur. Bu durum, özellikle Katmerli gibi kavuzsuz genotiplerin mineral madde içeriği bakımından daha zengin olabileceğini göstermektedir. Bu durum kavuzlu numunelerin, kavuzlarından ayrılmasıyla kül miktarında azalmalar meydana geldiği yorumu yapılabilir. Çimlendirme süresi açısından değerlendirilme yapıldığında en yüksek kül oranı (% 1.95) çimlendirilmemiş yulaf ezmesi örneklerinde gözlenmiştir. Çimlenme sürecinde kül oranında görülen bu azalmaların çimlenme aşamasındaki kuru madde miktarı değişikliklerinden kaynaklandığı da düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yulaf ezmesinin kül içeriği hem genotip özelliklerinden hem de çimlendirme süresinden etkilenmektedir. Katmerli genotipi ve çimlendirilmemiş

örnekler, yüksek kül değerleriyle öne çıkarken; çimlendirme süresi uzadıkça kül oranında bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Bu durum, fonksiyonel ürün geliştirme sürecinde mineral madde miktarını koruma açısından çimlendirme süresinin dikkatle optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kılınçer (2019), farklı tahıl ve baklagillerin çimlendirme sürecinde gösterdiği kimyasal değişimleri karşılaştırmış; çimlendirilen örneklerin kül miktarlarındaki değişimler değerlendirilmiştir. Yeşil mercimek, nohut ve maş fasulyesinde çimlendirme süresi arttıkça % olarak kül miktarının azaldığını belirlenmiştir. Syed ve ark., (2020) yulaf tanelerinin fiziksel, kimyasal ve mineral bakımından değerlendirdikleri bir çalışmada yulafın kül miktarını % 1.97 olarak belirlemişlerdir. Bu veriler, bitkisel bazlı beslenmenin desteklenmesi açısından önemlidir. Ayrıca, gıda ürünlerinin formülasyonlarında kullanılacak çimlendirilmiş tahıl ve baklagillerin seçiminde bu tür bilgiler, besin içeriği optimizasyonu açısından yol gösterici olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlarımızla, bu literatür bilgileri örtüşmektedir.

4.2.3. Ham yağ

Yulaf, diğer tahıllara kıyasla daha yüksek oranda yağ içeriğine sahip olup, özellikle de doymuş yağ asitleri bakımından zengin bir yapıya sahiptir ve tam tane olarak işlenen yulaf ezmesi üretiminde bu yağ bileşimi büyük ölçüde korunmaktadır.

Üretilen yulaf ezmesi örneklerinde, farklı çimlendirme sürelerinin denendiği çalışmamızda ham yağ içeriğinin en düşük % 2.98, en yüksek % 7.43 olduğu ve örneklerin ham yağ içeriklerinin bu değerler arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Mut, (2016) sekiz kavuzsuz yulaf çeşidinde gerçekleştirdiği bir çalışmada ham yağ içeriğinin % 5.0 ile % 7.7 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Kavuzun varlığı, tanenin yağ içeriğini doğrudan etkileyen bir unsur olmamakla birlikte; kavuzsuz genotiplerde embriyo ve aleuron tabakasına erişim daha açık olduğundan, bu bölgelerde biriken yağ miktarı doğrudan ölçülebilmektedir.

Sterna ve ark., (2016) kavuzlu yulaf tanelerinde yaptıkları bir çalışmada, ham yağ analizi sonuçlarının % 4.9 ile % 10.5 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir.

Syed ve ark., (2020) yulaf tanelerinin fiziksel, kimyasal ve mineral bakımından değerlendirdikleri bir çalışmalarında yulafın ham yağ miktarını % 6.91 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.5'te sunulan varyans analizi sonuçlarına göre de yulaf ezmelerinin yağ değerleri üzerinde, çimlendirme süresi ve yulaf genotipi varyasyon kaynaklarının istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) etkide bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6'da verilen Tukey HSD karşılaştırma testi sonuçları yulaf genotipleri açısından değerlendirildiğinde, en yüksek yağ içeriği % 6.79 ile Yeniçeri yulaf genotipinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Bunu Yazır (% 6.51) genotipi takip etmiş, her iki genotipin de yüksek yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, Katmerli (% 5.77) ve Kazan (% 5.60) genotipleri daha düşük düzeylerde yağ içeriği göstermiştir. Çimlendirme süresi açısından bir inceleme yapıldığında, çimlendirme süresi arttıkça % ham yağ miktarı istatistiki olarak önemli düzeyde azalmıştır. Çimlendirme işlemi uygulanmayan örneklerde ortalama % 6.78 olan ham yağ oranı, çimlendirme süresi uzadıkça azalmıştır. Bu durum, çimlenme sürecinde yulaf örneklerinde bulunan yağların lipaz enzimi aracılığıyla parçalanarak enerji üretiminde kullanılması ile açıklanabilir. Çimlenme sırasında artan metabolik aktivitelere bağlı olarak tohum içerisindeki yağ rezervlerini solunum faaliyetleri için enerjiye dönüştürülmektedir. Aynı zamanda bu azalmaların çimlendirme sürecinde değişen kuru madde miktarına bağlı olarak da azalmış olabileceği düşünülmektedir. Bu bulgular da çimlendirme işleminin yulaf ezmesi örneklerinin besin bileşimi üzerinde belirgin etkiler ve yağ içeriği açısından dikkate değer değişimler oluşturduğunu göstermektedir.

Kılınçer (2019), çimlendirme üzerine gerçekleştirdiği bir çalışmada çimlendirme ile kinoa tanelerinin yağ içeriğinin % 4.77'den % 4.46'ya düştüğünü belirlemiştir. Kömürcü (2021), ilkel buğdayların çimlendirilerek ekme ve erişte formülasyonlarında kullandığı bir çalışmada; Esperia, Einkorn ve Emmer çeşitlerinin 0. ve 5. gün yağ içerikleri sırasıyla; % 1.73-1.54, % 1.98-1.80 ve % 2.13-1.75 olarak belirlenmiştir. Çimlendirme işlemi ile ham yağ miktarlarının önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir.

4.2.4. Ham protein

Yulaf bitkisinde protein oranı, yulafın kalitesini belirleyen önemli parametrelerdendir. Bu nedenle, yulaf ıslahına yönelik çalışmalarda yüksek protein içeriğine sahip çeşitlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir (Demir, 1994).

Üretilen yulaf ezmesi örneklerinin ham protein değerleri, Çizelge 4.4'e göre, % 11.88-14.48 aralığında değişim göstermiştir.

Şahin ve ark. (2017), 3 farklı yulaf çeşidi üzerine gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında yulaf örneklerinin ham protein değerlerinin % 10.6- 14.5 aralığında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Syed ve ark., (2020) yulaf tanelerinin fiziksel, kimyasal ve mineral bakımından değerlendirdikleri bir çalışmalarında yulafın ham protein miktarını % 12.62 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.5'te verilen varyans analizi sonuçlarına göre, yulaf ezmesi örneklerinin ham protein değerleri üzerinde, çimlendirme süresi ve yulaf genotipi varyasyon kaynakları istatistiki olarak ($p < 0.01$) önemli düzeyde etkide bulunmuştur.

Çizelge 4.6'da sunulan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları yulaf genotip bakımından incelendiğinde; en düşük protein oranları Yeniçeri (% 13.34) ve Kazan (% 13.36) yulaf ezmesi örneklerinde belirlenmiştir. En yüksek protein oranı ise Yazır genotipinde (% 13.92) belirlenmiştir. Bu sonuçlarda kavuzsuz yulaf genotiplerinin daha yüksek protein içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Çimlendirme süresi açısından Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları incelendiğinde ise, çimlendirme ile protein oranı istatistiki olarak bariz artış göstermiştir. En düşük protein oranı kontrol grubu yani çimlendirilme işlemine tabi tutulmamış yulaf ezmesi örneklerinde görülmüştür. En yüksek protein oranı ise 3 gün boyunca çimlendirilen yulaf ezmesi örneklerinde belirlenmiştir. Çimlenme sırasında proteinlerin parçalanarak amino asitlerin ortaya çıkması, çözünür protein fonksiyonlarının gelişmesi ve kuru madde miktarında yaşanan değişiklikler ile ham protein oranının artmasını desteklemektedir.

Öztürk (2008), farklı buğday çeşitlerinin çimlendirilerek incelendiği bir çalışmada; Demir-2000 buğday çeşidinde ham protein oranının çimlendirmeyle % 13.24'ten % 17.49'a, Konya-2002 çeşidinde ise % 10.68'den % 11.96'ya yükseldiğini tespit etmiştir.

Çeri ve Acar (2019) gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında, yulaf genotiplerinin ham protein oranlarının % 9.64 ile % 11.53 aralığında seyrettiğini bildirmişlerdir. Hamzaoğlu (2021) gerçekleştirdiği bir çalışmada, kavuzlu ve kavuzsuz yulaf

genotipleri incelenmiş ve kavuzlu yulaf genotiplerinin %14.17, kavuzsuz yulaf genotiplerinin % 15.86 olarak belirlemiştir. Bu sonuçlar bizim verilerimizi doğrudan desteklemektedir.

Kim ve ark. (2001), karabuğday tohumlarını çimlendirme işlemine tabi tutmuşlar ve çimlendirilen tanelerin protein oranlarının % 11.6- 24.3 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Çimlendirme işlemlerinin protein oranı üzerinde artış sağladığını belirlemiştir. Fouad ve Rehab (2015), mercimek tohumlarının çimlendirilmesi üzerine gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında; çimlenme süresinin artmasına paralel olarak protein içeriğinde belirgin bir yükseliş meydana geldiğini bildirmiştir. Başlangıçta % 23.5 olarak belirlenen protein miktarının, çimlenme süresine bağlı olarak % 28.86 seviyelerine ulaştığını bildirmişlerdir. Kömürcü (2021), ilkel buğdayların çimlendirilmesi üzerine gerçekleştirdiği bir çalışmada, çimlenme aşamasının başlangıcında % 12.53 olan protein miktarının, çimlenme süresinin 7. Gününde % 13.73'e kadar yükseldiğini belirlemiştir. yüksek protein oranını % 14.61 olarak emmer buğdayına ait olduğunu bildirmiştir. En düşük protein oranı ise % 11.46 olarak Esperia buğdayına ait olduğunu tespit etmiştir.

Bu çalışmalar da bizim analiz sonuçlarımızı doğrular niteliktedir.

4.2.5. Karbonhidrat

Karbonhidratlar, insan beslenmesinde temel enerji kaynaklarından biridir (Slavin, 2013). Gıdalardaki karbonhidrat miktarının ve çeşidinin belirlenmesi hem besin değerinin hesaplanmasında hem de sağlıklı beslenme düzenlerinin oluşturulmasında büyük önem taşır. Özellikle glukoz, fruktoz, laktoz, nişasta ve diyet lifi gibi farklı karbonhidrat türlerinin tespiti, sağlık açısından değerlidir. Karbonhidratların türü ve miktarı, özellikle sporcu beslenmesinde performansı etkileyen önemli bir faktördür. Dengeli karbonhidrat alımı, enerji seviyelerinin korunmasında temel rol oynar (Rodriguez ve ark., 2009).

Unlu mamuller özelinde bakıldığında, nişasta ürünün yapı ve doku özelliklerini etkilerken, şekerler tat profiline katkı sağlar. Karbonhidratların yapısı ve sindirilebilirliği, glisemik yanıt üzerinde doğrudan etkili olup; özellikle lif içeriği yüksek kompleks karbonhidratlar kan şekeri seviyelerinin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Brennan, 2005).

Yulaf ezmesi örneklerinin karbonhidrat miktarının % 68.99-77.25 arasında değiştiğine dair veriler Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5'te verilen varyans analizi sonuçlarına göre, yulaf ezmesi örneklerinin karbonhidrat değerleri üzerinde; çimlenme süresi ve yulaf çeşidi varyasyon kaynakları istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) etkide bulunmuştur.

Çizelge 4.9'da sunulan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları yulaf genotipleri bakımından incelendiğinde; en düşük karbonhidrat miktarının Yeniçeri (% 70.76) yulaf ezmesi örneklerinde belirlenmişken, en yüksek % karbonhidrat miktarı Katmerli (% 74.31) genotipinde tespit edilmiştir. Kavuzsuz çeşitlerin karbonhidrat içeriklerinin kavuzlu çeşitlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çimlendirme süresi açısından çoklu karşılaştırma test sonuçları incelendiğinde; çimlendirme ile karbonhidrat oranı istatistiki olarak bariz bir azalma göstermiştir. En düşük karbonhidrat oranı 3 gün çimlendirmeye tabi tutulan yulaf ezmesi örneklerinde (% 69.87) tespit edilmiştir. En yüksek karbonhidrat miktarı ise kontrol örneği olan 0. gün yulaf ezmesi örneklerinde (% 74.02) belirlenmiştir. Çimlenme sırasında depo karbonhidratların enzimatik olarak parçalanarak metabolik süreçlerde kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Kadlec ve ark. (2001), bir çalışmalarında; çimlendirilmiş bezelye tohumlarının oligosakkarit profilini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, üç günlük çimlendirme sürecinin ardından oligosakkaritlerin miktarında anlamlı düzeyde azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Kanmaz ve Ova (2014), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmalarında, çimlendirme işleminin karabuğday tanelerinin şeker profili üzerinde belirgin değişimlere yol açtığı tespit edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, çimlenme süreci monosakkarit düzeylerinde artışa neden olurken; disakkarit, trisakkarit ve tetrasakkarit içeriklerinde ise azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu azalma çimlendirme sürecinde meydana gelen metabolik faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen yıkım olaylarından kaynaklanmaktadır.

Çimlendirme süresi arttıkça, karbonhidrat içeriğinde anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir. Bu değişim, çimlenmiş yulafın daha düşük karbonhidrat içeren, düşük enerjili fonksiyonel gıdalar için uygun hâle geldiğini göstermektedir. Özellikle 3 gün çimlendirme, karbonhidrat oranını en çok düşüren süredir. Bu durum, glisemik indeksi düşürülmüş ürün formülasyonları için avantaj sağlayabilir.

Çimlendirilmiş tahıllarda aktifleşen amilaz enzimi, nişasta yapısında bulunan amiloz ve amilopektinin, başlıca glikoz ve maltoz, daha az oranda ise sakkaroz gibi basit şekerlere hidrolizini katalizlemektedir. Bu dönüşüm, tahılın sindirilebilirliğini artırmakta

olup aynı zamanda tohumun büyümesi için gerekli enerji kaynağını da sağlamaktadır (Charoenthaikij ve ark., 2012; Xu ve ark., 2017; Benincasa ve ark., 2019). Söz konusu nişasta değişiminin derecesi; çimlendirme süresi, sıcaklık, nem, kültür ortamı ve çimlendirme öncesinde uygulanan işlemler gibi çeşitli çevresel ve teknik faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Donkor, 2012).

Literatürde bildirilen bu çalışmalar, bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçlarını destekler şekildedir.

4.2.6. Enerji

Yulaf ezmesi numunelerinin enerji değerlerinin 363.81 kcal/100g ile 409.00 kcal/100g aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Şirin (2021), çimlendirilmiş çavdar ve yulaf tanelerinin bisküvi üretiminde kullanımını incelediği bir çalışmada çimlendirilmiş yulaf unu enerji değerini 452.77 kkal/100 g olarak bildirmiştir.

Olçay (2024), çimlendirilmiş amarant ve karabuğday tohumlarını tarhana ve ekmek üretimi üzerine değerlendirildiği bir çalışmada örneklerin enerji değerlerini 395.51-405.26 kcal/100 g arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.8’de verilen varyans analizi sonuçlarına göre yulaf ezmesi örneklerinin enerji değerleri üzerinde; çimlenme süresi ve yulaf genotipi varyasyon kaynakları istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.9’da verilen Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları yulaf çeşitleri bakımından incelendiğinde; en düşük enerji Katmerli yulaf genotipinde (390.48 kcal/100g) çeşitlerinde belirlenmişken, en yüksek enerji değeri ise Yazır (407.93 kcal/100g) yulaf ezmesi örneklerinde tespit edilmiştir. Kavuzsuz yulaf ezmesi örneklerinin, kavuzlu örneklere göre daha yüksek enerji değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Çimlendirme süresi açısından Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları incelendiğinde ise, çimlendirme süresi arttıkça enerji değerlerinde istatistiki olarak azalma görülmüştür. En düşük enerji değeri 3 gün çimlendirmeye tabi tutulan yulaf ezmesi örneklerinde (382.66 kcal/100g) olarak belirlenmiştir. En yüksek enerji miktarı ise 0. Güne ait yulaf ezmesi örneklerinde (409.00 kcal/100g) belirlenmiştir. Bu düşüş, çimlenme süresince karbonhidrat ve yağların enerji üretimi için kullanılmasıyla ilgilidir. Çimlenme, tohumun iç bileşenlerini metabolik süreçlere soktuğu için toplam enerji değerlerinde bariz şekilde azaldığı söylenebilir.

De Ruiz ve ark. (1990), çimlendirme işlemi sürecinde yağ ve karbonhidrat değerlerinde düşüş gözlemlemişler ve bunun enerji değerini azalttığını vurgulamışlardır.

Uppal ve ark. (2012), çimlendirilmiş baklagiller üzerine gerçekleştirdikleri bir çalışmada; çimlendirme süresinin artmasıyla baklagillerdeki nişasta içeriğini ve sindirilebilirliğini etkilediğini, bu durumun toplam enerji içeriğinde azalmaya neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Literatürde bildirilen bu çalışmalar, bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçlarını destekler niteliktedir.

4.3. Yulaf Ezmesi Örneklerinin Besinsel Analiz Sonuçları

Gıdalar, yalnızca enerji kaynağı olmalarının ötesinde, insan sağlığı üzerinde doğrudan etkili olan fonksiyonel bileşenleriyle de değerlendirilmektedir. Gıda bileşenlerinin antioksidan kapasitesi, serbest radikallerle savaşarak oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlamak ve bu yolla birçok kronik hastalığın önlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Peterson, 2001). Bu çerçevede, beslenme kalitesinin artırılması ve fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi açısından, tahıllarda gerçekleştirilen işleme öncesi uygulamaların etkileri önemli bir araştırma konusu haline gelmektedir.

Fenolik bileşikler, bitkilerde doğal olarak bulunan ve antioksidan özellikleriyle bilinen sekonder metabolitlerdir. Bu bileşiklerin biyoyararlılığı, çimlendirme gibi metabolik aktivitenin arttığı işlemler sonucunda daha erişilebilir hale gelebilmektedir (Donkor ve ark., 2012).

Antioksidanlar, hücrelerde oluşan oksidatif stresi azaltarak serbest radikallerin yol açtığı biyomoleküler hasarı önleyen veya geciktiren bileşiklerdir. Serbest radikaller, metabolik süreçler sonucu ortaya çıkan ve lipid, protein ile DNA gibi moleküllerde oksidatif hasara neden olabilen reaktif moleküllerdir (Halliwell ve Gutteridge, 2015). Bu oksidatif hasar, kronik inflamasyon, yaşlanma ve kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve nörodejeneratif hastalıklar gibi pek çok kronik hastalığın gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır (Birben ve ark., 2012). Antioksidanlar, enzimatik (örneğin süperoksit dismutaz, katalaz) ve non-enzimatik (örneğin C vitamini, E vitamini, polifenoller) olarak sınıflandırılır ve serbest radikalleri nötralize ederek hücresel homeostazın korunmasına katkı sağlamaktadır (Lobo ve ark., 2010). Son yıllarda doğal antioksidanların, fonksiyonel gıdalar aracılığıyla sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle gıda sektöründe kullanımını artmaktadır. (Birben ve ark., 2012; Halliwell ve ark., 2015).

Bu bağlamda üretimi gerçekleştirilen yulaf ezmesi örneklerine ait besinsel analiz sonuçları Çizelge 4.7’de, bu analizlere ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi bulguları ise Çizelge 4.9’da özetlenmiştir.

Çizelge 4.7. Yulaf ezmesi örneklerine ait besinsel analiz sonuçları¹

Yulaf Genotipleri	Çimlendirme süresi	Toplam Fenolik Madde	Antioksidan Aktivite	
		(mg GAE/100 g)	(mg TE/100 g)	
Kavuzlu	Kazan	0. gün	25.00±6.48	43.00±0.49
		1. gün	50.83±0.59	65.91±0.29
		2. gün	87.50±18.27	74.94±0.29
	Yeniçeri	3. gün	107.92±3.54	77.79±1.37
		0. gün	21.25±1.18	44.38±1.67
		1. gün	45.00±4.12	60.84±0.79
	2. gün	65.83±4.12	74.52±1.67	
	3. gün	117.92±0.01	105.29±0.98	
Kavuzsuz	Katmerli	0. gün	24.17±2.95	32.16±0.88
		1. gün	44.17±5.30	55.01±0.39
		2. gün	57.50±1.77	59.94±3.04
	Yazır	3. gün	75.83±1.77	103.69±1.67
		0. gün	39.17±0.59	25.70±0.79
		1. gün	57.08±1.18	66.54±2.36
		2. gün	63.75±5.89	70.91±1.28
		3. gün	82.50±8.84	101.54±0.79

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalamasıdır.

Çizelge 4.8. Yulaf ezmesi örneklerinin besinsel analizlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	Toplam Fenolik Madde		Antioksidan Aktivite	
		KT	F	KT	F
Çimlendirme süresi (A)	3	20412.20	183.83**	15027.52	2546.75**
Yulaf genotipi (B)	3	1272.72	11.46**	306.50	51.94**
AXB	9	2774.19	8.33**	1644.47	92.90**
Hata	6	41.35		539.55	

¹*p<0.05 düzeyinde önemli, **p<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.9. Yulaf ezmesi örneklerinin besinsel analizlerine ait Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Yulaf Genotipi		n	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g)	Antioksidan Aktivite (mg TE/100 g)
Kavuzlu	Kazan	4	67.81±7.22 ^a	65.41±0.61 ^b
	Yeniçeri	4	62.50±2.36 ^a	71.26±1.28 ^a
Kavuzsuz	Katmerli	4	50.42±2.95 ^b	62.70±1.50 ^c
	Yazır	4	60.62±4.12 ^a	66.17±1.30 ^b
Çimlendirme günü				
	0	4	27.40±2.80 ^d	36.31±0.96 ^d
	1	4	49.27±2.80 ^c	62.08±0.96 ^c
	2	4	68.65±7.51 ^b	70.08±1.57 ^b
	3	4	96.04±3.54 ^a	97.07±1.20 ^a

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

4.3.1. Toplam fenolik madde miktarı

Tam tahılların yapısında yer alan fenolik bileşiklerin, önemli düzeyde antioksidan aktivite sağladığı bilinmektedir. Her ne kadar tahıllar beslenmede geniş bir yer tutsa da bu fonksiyonel özellikleri uzun süre yeterince ön plana çıkarılmamıştır. Ancak son yıllarda yürütülen araştırmalar, özellikle bağlı formda bulunan fenolik bileşiklerin değerlendirilmesiyle, tahılların da yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, toplam fenolik bileşiklerin önemli bir kısmının bağlı formda olduğu; bu oranların buğdayda % 76, yulafda ise % 75 düzeyinde olduğu bildirilmiştir. Fenolik bileşikler, özellikle tahıllarda çimlenme sürecinde yoğun olarak bulunarak tohumları böcek ve hayvan zararlarına karşı korumaktadır. Bitkilerde fenolik asitler, flavonoidler, isoflavonoidler ve tokoferoller temel fenolik bileşikler arasında yer almaktadır (Agati ve ark., 2010).

Üretilen yulaf ezmesi örneklerinin fenolik bileşik içeriğinin 21.25 mg GAE/100g ile 117.92 mg GAE/100g aralığında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Kılınçer (2019), farklı tahıl ve baklagil ürünlerindeki çimlendirme çalışmaları sonucunda; çimlendirilen yulaf tanelerinin toplam fenolik madde miktarlarının çimlendirme başlangıcında 1399 µg GAE/g, 5. gün sonunda ise 1874 µg GAE/g olduğu belirlenmiştir. Şirin (2021), çimlendirilmiş çavdar ve yulaf tanelerinin bisküvi üretiminde

kullanımını incelediği bir çalışmada çimlendirilen numunelerdeki toplam fenolik madde miktarını 568.0-671.50 mg GAE/kg arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.8’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre yulaf ezmesi örneklerinin fenolik madde miktarı üzerinde; çimlendirme süresi ve yulaf genotipi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) düzeyde etkili bulunmuştur.

Çizelge 4.9’da sunulan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları yulaf genotip bakımından incelendiğinde; en düşük toplam fenolik madde miktarı Katmerli (50.42 mg GAE/100 g) yulaf genotipinde ve deskriptif olarak en yüksek toplam fenolik madde miktarı ise Kazan (67.81 mg GAE/100 g) yulaf genotipinde belirlenmiştir. Çimlendirme süresi açısından çoklu karşılaştırma test sonuçları incelendiğinde ise çimlendirme süresi arttıkça toplam fenolik madde miktarı istatistiksel olarak önemli şekilde artış göstermiştir. En düşük toplam fenolik madde miktarı çimlendirilmemiş kontrol örneğinde belirlenmiştir. En yüksek toplam fenolik madde oranı ise 3 gün boyunca çimlendirilen yulaflardan üretilen ezmesi örneklerinde belirlenmiştir. Çimlendirme süresinin ilerlemesiyle gerçekleşen bu artış, fenolik bileşiklerin çimlenme sırasında sentezlenmesi, bitkinin koruyucu savunma mekanizmalarının aktive olması ile açıklanabilir (Pauca-Menacho ve ark., 2022).

Fenolik bileşikler, vücuttaki serbest radikallerin uzaklaştırılmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Tohumların çimlendirilmesi işlemi, bu bileşiklerin antioksidan kapasitelerini artırmak amacıyla etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Dziki ve ark., 2015). Çimlendirme işlemi sonrasında elde edilen tahıl ve baklagil tanelerinin fenolik bileşik düzeyleri, çimlendirilmemiş (ham) tohumlara göre belirgin şekilde daha yüksek olmaktadır. Ayrıca, çimlendirme süresindeki artışa paralel olarak toplam fenolik madde miktarında da artış gözlemlenmektedir (Kılınçer, 2019).

Pasko ve ark. (2009), amarant ve kinoa tanelerinin çimlendirilmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, çimlendirilmiş tanelerin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesinin, ham tanelere göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Tian ve ark. (2010), yürüttüğü bir çalışmada, 1 ila 6 gün arasında çimlendirme uygulanan yulaf örneklerinde, toplam fenolik bileşikler açısından en düşük % 25 ile en yüksek % 35.5 arasında değişen oranlarda artışlar tespit edilmiştir.

Tanwar ve ark. (2019), çimlendirme işlemiyle birlikte karabuğdayunun toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesinde anlamlı bir artış gözlemlendiğini bildirmiştir.

Kanmaz (2017), 6 gün boyunca yulafın çimlenmesini incelediği çalışmasında toplam fenolik madde içeriğinin 4.5 kat arttığı sonucuna ulaşmıştır.

Literatürdeki bu değer aralıklarının geniş olması yulaf ezmesi üretimimizde enzimleri inaktive edebilmek için kullanılan otoklavlama aşamasına bağlı olarak sıcaklıktan etkilendiği belirlenmiştir (Meral, 2016).

4.3.2. Antioksidan aktivite

Bir molekülde bulunan elektron ya da hidrojenin daha oksitleyici bir maddeye aktarılmasıyla gerçekleşen kimyasal süreç oksidasyon olarak tanımlanır. Bu süreci engelleyen ya da yavaşlatan bileşikler ise antioksidan maddeler olarak adlandırılır. Oksidasyon sonucunda elektron veya hidrojen kaybeden moleküller serbest radikaller hâline gelir ve bu radikaller, hücre içinde zincirleme reaksiyonlara yol açarak hücresel yapıya zarar verebilir, hatta hücre ölümüne neden olabilir (Moharram ve Youssef, 2014). Antioksidanlar, serbest radikalleri nötralize ederek bu zincir reaksiyonları durdurur ve oksidatif hasarın önüne geçer. Özellikle bitkisel kaynaklı polifenolik bileşikler, doğal antioksidan özelliği göstermeleri nedeniyle bilimsel araştırmalarda dikkat çeken önemli bileşikler arasında yer almaktadır (Moon ve Shibamoto, 2009; Moharram ve Youssef, 2014).

Üretimi gerçekleştirilen yulaf ezmesi örneklerinin antioksidan aktivite miktarları 25.70 mg TE/100 g ve 105.29 mg TE/100 g aralığında değişmektedir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8’de sunulan varyans analiz sonuçlarına göre antioksidan aktivite üzerinde çimlendirme süresi ve yulaf genotipi istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) düzeyinde etkide bulunmuştur.

Çizelge 4.9’da verilen Tukey HSD karşılaştırma testi sonuçları yulaf genotipleri açısından değerlendirildiğinde, en düşük antioksidan aktivite içeriği en düşük Katmerli (62.70 mg TE/100 g) yulaf genotipinde ve en yüksek Yeniçeri (71.26 mg TE/100 g) genotipinde tespit edilmiştir. Çimlendirme süresi açısından bir inceleme yapıldığında ise çimlendirme süresi arttıkça antioksidan aktivite miktarı da istatistiki olarak artmıştır. En düşük antioksidan aktivite çimlendirilmemiş kontrol grubu yulaf ezmesi örneğinde görülmüştür. En yüksek antioksidan aktivite ise 3 gün boyunca çimlendirilen yulaf ezmesi örneklerinde belirlenmiştir.

Fernandez-Orozco ve ark. (2008), dört gün boyunca çimlendirilen soya fasulyelerinde antioksidan aktivitenin, çimlendirilmemiş tohumlara göre yaklaşık %70 oranında arttığını bildirmiştir.

Çimlendirilen kinoa tohumlarının makarna üretimi üzerine kullanımının araştırıldığı bir çalışmada ham kinoa ununun antioksidan aktivite miktarı 1.48 mg GAE/g, çimlenmiş kinoa ununun ise 3.13 mg GAE/g olarak belirlenmiştir. Makarna örneklerine ait antioksidan aktivite miktarı 12.39 ile 32.18 aralığında olduğu belirlenmiştir (Demir, 2018).

Literatürde yer alan çalışmalar, bu çalışmadaki analiz sonuçlarımızı doğrular niteliktedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı çimlendirme sürelerine tabi tutulan kavuzlu ve kavuzsuz yulaf (*Avena sativa L.*) genotiplerinin yulaf ezmesi üretiminde kullanım potansiyeli değerlendirilmiş; elde edilen ürünlerin fiziksel (renk), kimyasal (nem, kül, yağ, protein, karbonhidrat, enerji), besinsel (toplam fenolik madde ve antioksidan) özellikleri incelenmiştir.

5.1. Sonuçlar

Renk analizleri sonuçlarına göre, çimlendirme süresi arttıkça L^* (parlaklık) değerlerinde düşüş (renk koyulaşması), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerlerinde ise artış gözlemlenmiştir. Bu durum, çimlenmenin renk pigmentleri ve fenolik madde oluşumuna etkisi ile açıklanabilir.

Kimyasal analizleri açısından bir değerlendirme yapıldığında;

- Kavuzlu yulaf genotiplerinin nem miktarları daha yüksek iken, karbonhidrat, kül, enerji ve protein miktarlarının kavuzsuz genotiplere nazaran daha düşük olduğu belirlenmiştir.
- Çimlenme süresi açısından bir değerlendirme yapıldığında; Çimlenme süresi ile birlikte nem, ham protein, fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite değerleri artmıştır. Kül, ham yağ, enerji ve karbonhidrat değerleri ise çimlenme ile azalmıştır.

5.1. Öneriler

Bu tez çalışmasından elde edilen bulgular doğrultusunda, yulafın çimlendirme sürecine tabi tutulmasının hem besinsel hem de teknolojik açıdan bazı değişimler yarattığı anlaşılmıştır. Bu çerçevede gelecek çalışmalar ve uygulamalar için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Yulaf ezmesi üretiminde, 3 günlük çimlendirme süresi hem besinsel kalite hem de fonksiyonel özellikler açısından en verimli aşama olarak öne çıkmaktadır. Bu sürenin optimize edilerek endüstriyel üretim süreçlerine entegre edilmesi önerilmektedir.
- Kavuzsuz yulaf genotipleri, özellikle yüksek protein ve antioksidan kapasitesi nedeniyle fonksiyonel gıda üretimi için tercih edilmelidir.
- Fenolik madde ve antioksidan değerleri yüksek çimlendirilmiş yulaf ezmeleri, sağlıklı beslenme ürünleri, sporcu gıdaları veya yaşlı beslenmesine yönelik ürünlerde kullanılabilir niteliktedir.
- İleri araştırmalarda, farklı genotiplerde çimlendirme sürelerinin biyoaktif bileşiklere etkisinin moleküler düzeyde incelenmesi ve raf ömrü gibi fonksiyonel özelliklerin değerlendirilmesi önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- AACC, 2010, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.
- Afify, A. M. R., El-Beltagi, H. S., El-Salam, S. M. and Omran, A. A., 2012, Effect of soaking, Cooking, germination and fermentation processing on proximate analysis and mineral content of three white sorghum varieties (*Sorghum bicolor L. Moench*), *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(2), 92-98.
- Agati, G., and Tattini, M., 2010, Multiple functional roles of flavonoids in photoprotection. *The New Phytologist*, 186(4), 786-793.
- Anderson, C., 2000, Genetic analysis of oil content and composition in oat (*Avena sativa L.*), *Master of Science Thesis Department of Botany*, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- Anderson, J.W., Baird, P., Davis, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A. and Williams, C. L., 2009, Health benefits of dietary fiber, *Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205.
- Anonim, 2014, Eylül 12, *Yulafta kuraklığa karşı 'Arslanbey'*, <https://www.tarim.com.tr/Yulafta-kurakliga-karsi-Arslanbey,17612h> (Ziyaret tarihi: 21.04.2025)
- Anonim, 2016, Toprak Mahsulleri Ofisi, *2016 Yılı Hububat Raporu*, Ankara.
- Anonim, 2019, Yulafın kökeni ve yetiştiriciliği, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ders Notu*, <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/isezer/66430/11.%20Yulaf%C4%B1n%20k%C3%B6keni%20ve%20yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf> (Ziyaret Tarihi:15.06.2025).
- Anonim, 2021, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, 1 Temmuz 2021, Yulaf, Haziran 2021 Tarım Ürünleri Piyasa Raporu, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2021-Haziran%20Tarim%20Ürünleri%20Raporu/Yulaf,%20Haziran-2021,%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasa%20Raporu,%20TEPGE.pdf> (Ziyaret Tarihi: 21.06.2025).
- Anonim, 2025a, <https://www.organikaile.com/yulaf-ezmesi/> Ziyaret Tarihi: 11.05.2025).
- Anonim, 2025b, *Geo Filizlendirme Kavanozu*, <https://www.defya.com.tr/geo-filizlendirme-kavanozu> (Ziyaret tarihi: 30.04.2025).
- Anonim, 2025c, *Komo Flic Floc Ezme Cihazı*, <https://www.defya.com.tr/komo-flic-floc-ezme-cihazı> (Ziyaret tarihi: 01.05.2025).

- Anonymous, 2018, World Health Organization, *Healthy diet*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (Ziyaret Tarihi: 15.06.2025).
- Anonymous, 2020, Oats, *The Nutrition Source*, Harvard T:H: Chan School of Public Health, <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/oats/> (Ziyaret Tarihi: 15.06.2025).
- Anonymous, 2022, Health Benefits of Oatmeal, <https://www.webmd.com/diet/health-benefits-oatmeal> (Ziyaret Tarihi: 15.06.2025).
- Atudorei, D. and Codină, G. G., 2020, Perspectives on the use of germinated legumes in the bread making process, a review. *Applied Sciences*, 10(18), 6244.
- Babacan, R., 2022, Soya fasulyesi (*Glycine max*) tohum ve yağının biyoaktif özellikleri ve fenolik bileşenleri üzerine çimlendirme, kavurma ve haşlama işlemlerinin etkisi, Yüksek lisans tezi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.
- Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P., 2008, *Food chemistry* Springer Science and Business Media.
- Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F. and Galieni, A., 2019, Sprouted grains: A comprehensive review. *Nutrients*, 11(2), 421.
- 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(4), 390-393.
- Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S. ve Kalayci, O., 2012, Oxidative stress and antioxidant defense, *World allergy organization journal*, 5(1), 9-19.
- Brennan, C. S., 2005, Dietary fibre, glycaemic response, and diabetes. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49(6), 560-570.
- Brindzová, L., Čertík, M., Rapta, P., Zalibera, M., Mikulajová, A. and Takáčsová, M., 2008, Antioxidant Activity, β -Glucan and Lipid Contents of Oat Varieties, *Czech Journal of Food Sciences*, 26(3), 163.
- Butt, M. S., Tahir-Nadeem, M., Khan, M. K. I., Shabir, R., and Butt, M. S., 2008, Oat: unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*, 47, 68-79.
- Calzuola, I., Marsili, V. and Gianfranceschi, G. L., 2004, Synthesis of antioxidants in wheat sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5201-5206.
- Charalampopoulos D., Wang R., Pandiella S. S. and Webb C., 2002, Application of cereals and cereal components in functional foods: a review, *International Journal of Food Microbiology*, 79(1-2), 131–141.
- Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Prinyawiwatkul, W. and No, H. K., 2012, Composite wheat–germinated brown rice flours: Selected physicochemical

- properties and bread application, *International Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 75–82.
- Clark, M. J., and Slavin, J. L., 2013, The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review, *Journal of the American College of Nutrition*, 32(3), 200-211.
- Comino, I., de Lourdes Moreno, M., and Sousa, C., 2015, Role of oats in celiac disease. *World Journal of Gastroenterology*, 21(41), 11825.
- Çağındı, Ö., 2009, Ayçiçeği, keten tohumu, yulaf ve mürdüm eriği kurusu ile zenginleştirilmiş sütü, acı (bitter) ve beyaz çikolataların raf ömrü boyunca bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin araştırılması, Doktora tezi, *Ege Üniversitesi*, İzmir.
- Çeri, S., ve Acar, R., 2019, Konya’da sulu şartlarda yetiştirilen yulaf hat ve çeşitlerinin ot verimi ve bazı yem kalite özelliklerinin araştırılması. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8(1), 26–33. <https://www.arastirma.tarim.gov.tr/bahridagdas>
- Çöken, İ., ve Akman, Z., 2016, Isparta Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare L.*) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 91-97.
- Dağ, Ş. R. O. ve Özkan, A. M. G., 2019, Kinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) Üzerine Bir Derleme, *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 43(3), 309-333.
- De Ruiz, A. C. and Bressani, R., 1990, Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain, *Cereal Chemistry*, 67(6), 519-522.
- Demir, İ., 1994, Tahıl Islahı. , *Ege Üniversitesi Ziraat. Fakültesi*, Yay. No: 235, 161 s.
- Demirbas, A., 2005, β -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey, *Food Chemistry*, 90(4), 773-777.
- Demirel, H., 2017, Farklı turuncgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanım imkanları, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Donkor, O. N., Stojanovska, L., Ginn, P., Ashton, J. and Vasiljevic, T., 2012, Germinated grains – sources of bioactive compounds, *Food Chemistry*, 135, 950–959.
- Dumlupınar, Z., 2011, Türkiye’de yulaf genetik kaynaklarının korunması ve önemi, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 75–82.
- Dursun Şirin, S., 2021, Çimlendirilmiş çavdar (*Secale cereale*) ve yulaf (*Avena sativa*)’ın bisküvi üretiminde kullanım imkânları, Yüksek lisans tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve deneme metotları, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1021, 381.

- Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Kordowska-Wiater, M. and DomaN-Pytka, M., 2015, Influence of elicitation and germination conditions on biological activity of wheat sprouts, *Journal of Chemistry*, 2015(1), 649709.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2011, Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to beta-glucans from oats and barley and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations (ID 1236, 1299), increase in satiety leading to a reduction in energy intake (ID 851, 852), reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 821, 824), and “digestive function”(ID 850) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 9(6), 2207.
- Emmons, C. L., Peterson, D. M., and Paul, G. L., 1999, Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) extracts. 2. In vitro antioxidant activity and contents of phenolic and tocol antioxidants, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(12), 4894-4898.00,
- Eurostat, 2022, EU agricultural statistics. European Commission. https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Agriculture_statistics_-_crops_and_livestock, (Ziyaret Tarihi: 15.06.2025)
- FAO, 2020, <https://www.fao.org>, (Ziyaret tarihi: 15.04.2025).
- Fernandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M. K., Kozłowska, H. and Vidal-Valverde, C., 2008, Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity during germination of *Vigna radiata* cv. emerald, *Glycine max* cv. jutro and *Glycine max* cv. Merit, *Food Chemistry*, 111(3), 622-630.
- Flander, L., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti, T. and Autio, K., 2007, Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality, *LWT-Food Science and Technology*, 40(5), 860-870.
- Flander, L., Suortti, T., Katina, K., and Poutanen, K., 2011, Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread, *LWT - Food Science and Technology*, 44(3), 656-664.
- Fouad, A. A. and Rehab, F. M., 2015, Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) sprouts, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(3), 233-246.
- Francis, F. J. ,1998, Colour Analysis, *Food Analysis*, 599-612.
- Gamez-Meza, N., Noriega-Rodriguez, 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*, 76(12), 1445-1447.
- Gao, L., Wang, S., Oomah, B. D., and Mazza, G., 2002, Wheat quality: Antioxidant activity of wheat millstreams, *Wheat Quality Elucidation*, 219-233.

- Girtliođlu, E., 2017, Kinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) ve şeker otu (*Stevia rebaudiana bertonii*) kullanılarak yeni bisküvi ve kek formülleri geliştirme üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Osmaniye.
- Gözükara, İ. Ö., 2013, Balkabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikleri üzerine kurutma metotlarının etkisi ve balkabağı tozunun kek üretiminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Gül, H., Dizlek, H., ve Alparslan, ř., 2008, Yulafın bileşimi ve gıda sanayinde kullanım olanakları. *Hasad Gıda*, 23(274), 38-43.
- Gül, U., 2021, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, *Tarım Ürünleri Piyasaları Yulaf*.
- 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(6), 661-667.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J. M., 2015, *Free radicals in biology and medicine*, Oxford University Press.
- Hamzaoğlu, S., 2021, Kavuzsuz ve Kavuzlu Arpa ve Yulaf Genotiplerinin β -Glukan İçerikleri ve Bazı Kalite özelliklerinin Belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Hansel, R., Keller, K., Rimpler, H. and Schneider, G., 1992, Hager's Handbuch der Pharmazeutischen Praxis, 437-44, Drogen A-D., *SpringerVerlag*, Berlin.
- Holland, B., Unwin, I. D., and Buss, D. H., 2001, *The Composition of Foods*, Royal Society of Chemistry / Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Kadlec, P., Rubecova, A., Hinkova, A., Kaasova, J., Bubnik, Z. and Pour, V., 2001, Processing of yellow pea by germination, microwave treatment and drying, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2(2), 133-137.
- Kahlon, T. S., 1989, Nutritional implications and uses of wheat and oat kernel oil, *Cereal Foods World*, 34(10), 872-875.
- Kanmaz, E. Ö., ve Ova, G., 2014, Filizlenme işleminin fitokimyasal bileşikler üzerine etkisi. *Gıda*, 39(1), 49-56.
- Kanmaz, E., 2017, Fonksiyonel Antioksidan Gıdalar: Yenilebilir Tohum Filizleri, *Sidas Medya Yayınları*, 3-148.
- Karakuzu, T., 2022, Yulafta Farklı Ekim Sıklıkları ve Azot Seviyelerinin Verim ve Verim Unsurları ile Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, *Bilecik şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik.

- Karaman, R., Akgün, İ., ve Türkay, C., 2020, İnsan beslenmesinde alternatif besin kaynağı: Yulaf, *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 78-85.
- Karaşahin, M., 2015, Topraksız ortamda yetiştirilen bazı tahılların çim suyu verim ve besin değerleri, *Journal Institute of Science and Technology*, 5(4), 57-64.
- Kaur, P., Kaur, K., Basha, S. J., and Kennedy, J. F., 2022, Current trends in the preparation, characterization and applications of oat starch—A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 212, 172-181.
- Keenan, J. M., Pins, J. J., Frazel, C., Moran, A. and Turnquist, L., 2002, Oat ingestion reduces systolic and diastolic blood pressure in patients with mild or borderline hypertension, *Preventive Medicine*, 33(6), 675–684.
- Kılınçer, F. N., 2018, Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin besinsel ve fonksiyonel özellikleri üzerine bir araştırma Yüksek lisans tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Kıbar, H., Göçmen, D. ve Yılmaz, M. T., 2010, Tahılların çimlendirilmesi ve teknolojik özellikler üzerindeki etkileri. *Gıda*, 35(5), 319–325.
- Kim, S. Y., Kim, Y. S., and Kim, Y. H., 2001, Nutritional changes of buckwheat during germination. *Food Research International*, 34(3), 223–227
- Kömürcü, T. C., 2021, *Çimlendirilmiş bazı ilkel buğdayların fonksiyonel özellikleri ile erişte ve ekmek üretiminde kullanılabilirliklerinin araştırılması*, Doktora tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Kunca, A. N., ve Güneşer, O., 2024, Çimlendirilmiş pseudo-tahılların bazı besinsel özelliklerindeki değişimler, *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1), 39–50.
- Le, L., Gong, X., An, Q., Xiang, D., Zou, L., Peng, L. Wu, X., Tan, M., Nize, Z., Wu, O., Zhao, G., and Wan, Y., 2021, Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties., *Food Chemistry*, 357, 129752.
- Lionetti, E., Gatti, S., Pulvirenti, A. ve Catassi, C., 2018, Cereal grains and gluten: food and health, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 21(4), 248–253.
- Liu, R. H., 2004, New finding may be key to ending confusion over link between fiber, colon cancer, *American Institute for Cancer Research Press Release*, 3(8), 4-6.
- Liu, S., Wang, W., Lu, H., Shu, Q., Zhang, Y., and Chen, Q., 2022, New perspectives on physiological, biochemical and bioactive components during germination of edible seeds: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 187-197.
- Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., and Li, W., 2018, The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its

- addition on quality of wheat flour noodle. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 5142-5152.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. and Chandra, N., 2010, Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118.
- Loskutov I.G. 2007, Oat (*Avena L.*). Distribution, taxonomy, evolution and breeding value, VIR. S-Pb. 336 pp.
- Ma, C. Y., 1983, Chemical characterization and functionality assessment of protein of oat protein concentrates from oats, *Cereal Chemistry*, 60(1), 36-42.
- Mao, H., Xu, M., Ji, J., Zhou, M., Li, H., Wen, Y., and Sun, B., 2022, The utilization of oat for the production of wholegrain foods: Processing technology and products, *Food Frontiers*, 3(1), 28-45.
- Mao, J. J., Dong, J. F. and Zhu, M. Y., 2005, Effect of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprout, *Journal Science of Food Agriculture*, 85 (6), 943-947.
- Marston, T., and DeRouchey, J., 2004, *Feeding low-test-weight and sprouted wheat*. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, Kansas State University.
- Martínez-Villaluenga, C. and Peñas, E., 2017, Health benefits of oat: current evidence and molecular mechanisms, *Current Opinion in Food Science*, 26–31.
- Martinez-Villaluenga, C., Frias, J., Gulewicz, P., Gulewicz, K. and Vidal-Valverde, C., 2008, Food safety evaluation of broccoli and radish sprouts, *Food Chemistry Toxicology*, 46(5), 1635-644.
- Márton, M., Mándoki, Z., Csapl –Kiss, Zs. and Csapo, J., 2010, The role of sprouts in human nutrition, A review, *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 3, 81-117.
- Menon, R., Gonzalez, T., Ferruzzi, M., Jackson, E., Winderl, D., and Watson, J., 2016, Oats from farm to fork *Advances in Food and Nutrition Research*, 77, 1-55.
- Meral, R., 2016, Farklı ısıl işlem uygulamalarının fenolik bileşenler üzerine etkisi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 55–67.
- Mintel., 2023, Global dairy alternative market, Mintel Group Ltd.
- Moharram, H.A., Youssef, M.M., 2014, Methods for determining the antioxidant activity: A review, *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42.
- Moon, J.K., Shibamoto, T., 2009, Antioxidant assays for plant and food components, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1655-1666.

- Murphy, K. M., Reeves, P. G., and Jones, S. S., 2008, Relationship between yield and mineral nutrient concentrations in historical and modern spring wheat cultivars. *Euphytica*, 163, 381-390.
- Murphy, P. A., and Hoffman, P. C., 1992, Natural occurrence of mycotoxins in oats, *Cereal Foods World*, 37, 756-762.
- Mut, Z., Akay, H., and Erbaş Köse, Ö. D., 2018, Grain yield, quality traits and grain yield stability of local oat cultivars, *Journal of Soil Science and Slant Nutrition*, 18(1), 269-281.
- Mut, Z., Köse, Ö. D. E. ve Akay, H., 2016, Kavuzsuz yulaf çeşitlerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1), 96-105.
- Mut, Z., Köse, Ö. E., ve Akay, H., 2017, Chemical quality properties of different oat (*Avena sativa L.*) cultivars Farklı yulaf (*Avena sativa L.*) çeşitlerinin kimyasal kalite özellikleri, *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 27(3), 347-356.
- Noğay, O., 2014, Farklı yöntemlerle elde edilen nar çekirdek tozlarının muffin kek kalite özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 1-12.
- Olçay, N. ve Demir, M. K., 2022, Yalancı tahıllarda çimlendirme prosesinin etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 252-265.
- Olçay, N., 2024, Çimlendirilmiş amarant (*Amaranthus sp.*) ve karabuğday (*Fagopyrum sp.*) tohumlarının ekmek ve tarhana üretiminde kullanımı, Doktora tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Öztürk, A., Polat, R., Kodaz, S. ve Aydın, M., 2018, Erzurum kuru tarım koşullarında kışlık arpanın ekim sıklığına verim tepkisi, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32 (3), 321-327.
- Öztürk, İ., 2008, Çimlendirilmiş buğday tanesinin kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve doğal katkı maddesi olarak değerlendirilme imkanlarının araştırılması, Erciyes Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Yüksek Lisans Tezi, 6-62, Kayseri.
- Paško, P., Bartoń, H., Zagrodzki, P., Gorinstein, S., Fołta, M., and Zachwieja, Z., 2009, Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry*, 115(3), 994-998.
- Paton, D., 1977, Oat starch, Part I. Extraction, purification and pasting properties, *Stärke*, 29, 9-13.
- Paucar-Menacho, L.M., Castillo-Martínez, W.E., Simpalo-Lopez, W.D., Verona-Ruiz, A., Lavado-Cruz, A., Martínez-Villaluenga, Peñas, E., C., Frias, J., and Schmiele, M., 2022, Performance of thermoplastic extrusion, germination, fermentation, and

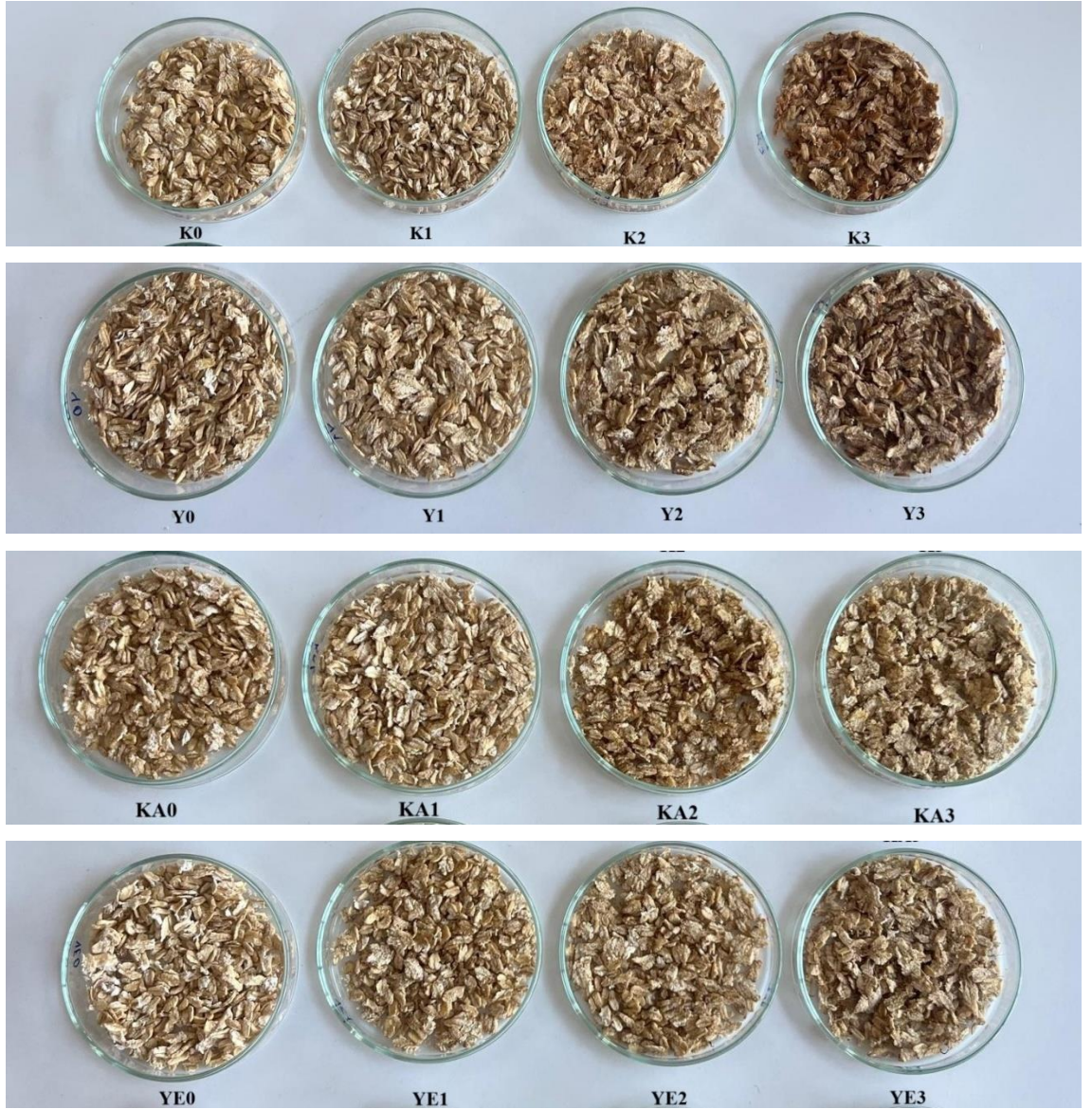
- hydrolysis techniques on phenolic compounds in cereals and pseudocereals, *Foods*, 11(13), 1957.
- Peterson, D. M. and Brinegar, C., 1986, Storage proteins, *Oats Chemistry and Technology*. F. Webster, 153-203.
- Peterson, D. M., 1992, Composition and nutritional characteristics of oat grain and products, *Oat Science and Technology*, 33, 265-292.
- Peterson, D. M., 2001, Oat antioxidants, *Journal of Cereal Science*, 33(2), 115–129.
- Peterson, D. M., Wesenberg, D. M., Burrup, D. E., and Erickson, C. A., 2005, Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments, *Crop Science*, 45(4), 1249-1255.
- Plant Based Foods Association. 2021, Plant-based dairy market report. <https://plantbasedfoods.org/market-report/>, (Ziyaret Tarihi: 15.06.2025).
- Pomeranz, Y., 1986, Constituents of the oat kernel, *Advances in Cereal Science and Technology*, Chapter II, 5, 63-85.
- Rasane, P., Jha, A., Sabikhi, L., Kumar, A. and Unnikrishnan, V. S., 2015, Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods-a review, *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 662-675.
- Rines, H. W., Molnar, S. J., Tinker, N. A. and Phillips, R. L., 2006, Oat, *In Cereals and millets Springer*, Berlin, Heidelberg, 211-242.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., and Langley, S., 2009, Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527.
- Ryan, L., Thondre, P. S. and Henry, C. J. K., 2011, Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (7), 929-934.
- Sarı, N., İmamoğlu, A. ve Yıldız, Ö., 2012, Menemen ekolojik koşullarında bazı ümitvar yulaf hatlarının verim ve kalite özellikleri, *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 18-32.
- Schakel, S.F., Buzzard, I.M. and Gebhardt, S.E., 1997, Procedures for estimating nutrient values for food composition databases, *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2), 102-114.
- Sivritepe, H. Ö., 2010, Tohum Filizi Teknolojisi. *Bursa Tarım Kongresi*.
- Slavin, J. L., 2013, Carbohydrates, dietary fiber, and resistant starch in white vegetables: Links to health outcomes. *Advances in Nutrition*, 4(3), 351-355.

- Slinkard, K. and Singelton, V.L., 1977, Total phenolic analysis, automation and comparison with manual methods, *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.
- Smith, J., Brown, L. and Lee, K., 2020, Functional uses of oats in food products, *Food Science and Nutrition*, 8(2), 123-135.
- Sterna, V., Zute, S., Brunava, L., 2016, Oat Grain Composition and its Nutrition Benefice, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 252-256.
- Sur, R., Nigam, A., Grote, D., Liebel, F. and Southall, M. D., 2008, Avenanthramides, polyphenols from oats, exhibit anti-inflammatory and anti-itch activity, *Archives of Dermatological Research*, 300(10), 569–574.
- Sürücüoğlu, M., 2003, Sağlıklı Yetiskinlerde Yulaf Ezmesinin Kan Lipidleri Üzerine Etkisi, *Gıda Teknolojisi Dernegi Yayın Organı*, 28(4), 385-393.
- Syed, S. J., Gadhe, K. S. and Katke, S. D., 2020, Studies on physical, chemical and mineral evaluation of oats (*Avena sativa*), *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 79–82.
- Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Aydoğan, S., Hamzaoğlu, S., Çeri, S. ve Demir, B., 2017, Yulaf (*Avena sativa* spp.) tanesinde bazı fiziksel özellikler ve besin bileşenlerinin tespiti, *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 6(1), 23-28.
- Şenlik, A. S., ve Alkan, D., 2021, Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin kimyasal özellikleri ve çimlendirmeyele açığa çıkan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri, *Akademik Gıda*, 19(2), 198-207.
- Şirin, S. D., 2021, Çimlendirilmiş Çavdar (*Secale Cereale*) ve Yulaf (*Avena Sativa*)'ın Bisküvi Üretiminde Kullanım İmkanları, Yüksek lisans tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Tangüler, H., Eleroğlu, H., Özer, E. A. ve Işıklı, N. D., 2015, Unutulmak üzere olan geleneksel tatlımız: Uğut, *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(7), 604-609.
- Tanwar, B., Lamsal, N., Goyal, A. And Kumar, V., 2019, Functional and physicochemical characteristics of raw, roasted and germinated buckwheat flour, *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 38(2), 140-144.
- Tappy, L. ve Lê, K. A., 2010, Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity, *Physiological Reviews*, 90(1), 23–46.
- Thies, F., Masson, L. F., Boffetta, P. and Kris-Etherton, P., 2014, Oats and bowel disease: A systematic literature review, *British Journal of Nutrition*, 112(S2), 31–43.
- Thompson, T., 2003, Oats and the gluten-free diet, *Journal of the American Dietetic Association*, 103(3), 376-379.

- Tian, B., Xie, B., Shi, J., Wu, J., Cai, Y., Xu, T., Xue, S. and Deng, Q., 2010, Physicochemical changes of oat seeds during germination, *Food Chemistry*, 119(3), 1195–1200.
- Tok, H., 2017, Bazı tahıl ve baklagil çimlerinin ekmek ve bisküvi üretiminde kullanım olanakları, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Tok, H., and Ertaş, N., 2021, The effects of germinated seeds on nutritional and technological properties of bread, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 1183-1193.
- Türksoy, S., 2020, Nişasta Kimyası ve Teknolojisi Tahıllar, Özellikler, Kimyasal Bileşimleri, www.foodelphi.com (Erişim tarihi: 15.04.2025).
- Uçar, B., 2011, Pandispanya kek kalitesi üzerine yabancı meyvelerin fonksiyonel etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Uppal, V., and Bains, K., 2012, Effect of germination periods and hydrothermal treatments on in vitro protein and starch digestibility of germinated legumes. *Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 184-191.
- USDA, 2021, National Small Grains Collection: Oat database, *United States Department of Agriculture*, <https://nsgc.ars.usda.gov>.
- USDA, 2023, *FoodData Central: Oats, rolled, raw*, Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov> (Ziyaret Tarihi: 15.06.2025).
- Valentine, J., Cowan, A. A., and Marshall, A. H., 2011, Oat breeding, In F. H. Webster and P. J. Woods, *Oats: Chemistry and Technology*, 11–30, AACCC International.
- Visioli, F. and Galli, C., 2001, The role of antioxidants in the Mediterranean diet, *Lipids* 36(1), 49-52.
- Wang, J., Yin, J. and Nie, S. P., 2021, Polysaccharides in food, In *Handbook of Dietary Phytochemicals* (pp. 1401-1430), Singapore: Springer Singapore.
- Webster, F. H., 2002, Whole-grain oats and oat products, *Whole-Grain Foods in Health and Disease. St. Paul, MN, USA: Amer. Assoc. Cereal Chem.*, 83-123.
- Webster, F. H., 2011, Oat utilization: past, present, and future.
- Welch, R. W., 2011, The oat crop: production and utilization, *Springer Science and Business Media*.
- Whitehead, A., Beck, E. J., Tosh, S. and Wolever, T. M., 2014, Cholesterol-lowering effects of oat β -glucan: a meta-analysis of randomized controlled trials, *American Journal of Clinical Nutrition*, 100(6), 1413–1421.
- Wilhelmson, A., Oksman-Caldentey, K. M., Laitila, A., Suortti, T., Kaukovirta-Norja, A. and Poutanen, K., 2001, Development of a germination process for producing

- high β -glucan, Whole Grain Food Ingredients From Oat, *Cereal Chemistry*, 78(6), 715-720.
- Wood, P. J., 2007, Cereal β -glucans in diet and health, *Journal of Cereal Science*, 46(3), 230–238.
- Wood, P. J., 2018, Cereal grains: Composition, structure, and functional properties, *Journal of Cereal Science*, 79(1), 1–5.
- Wrigley, C.W., 2019, *Cereal Grains: Global production and utilization*. Academic Press.
- Wrigley, C.W., Batey, I.L. and Miskelly, D. 2010, *Cereal Grains: Assessing and Managing Quality*, Woodhead Publishing (Technology and Engineering-Food Science), Cambridge (UK).
- Xu, D., Pan, D., Liu, H., Yang, C., Yang, X., Wang, X., Liu, F., Feng, M., Wu, Q., Shen, Y., Yang, S., Wang, S. and Sun, G., 2022, Improvement in cardiometabolic risk markers following an oatmeal diet is associated with gut microbiota in mildly hypercholesterolemic individuals, *Food Research International*, 160, 111701.
- Xu, L., Wang, P., Ali, B., Yang, N., Chen, Y., Wu, F. ve Xu, X., 2017, Changes of the phenolic compounds and antioxidant activities in germinated adlay seeds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 4227–4234.
- Yalçın, E., Çelik, S., Akar, T., Sayim, I., and Köksel, H., 2007, Effects of genotype and environment on β -glucan and dietary fiber contents of hull-less barleys grown in Turkey, *Food Chemistry*, 101(1), 171-176.
- Yalçın, T. G., 2018, Yulaf Islah Örneklerinin Fitik Asit ve Mineral İçeriklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara.
- Yetim, H., Öztürk, İ., Törnük, F., Sağdıç, O. ve Hayta, M., 2010, Yenilebilir bitki ve tohum filizlerinin fonksiyonel özellikleri, *Gıda*, 35(3), 205-210.
- Yürür, N., 1998, Serin İklim Tahılları-I, *Uludağ Üniversitesi Yayınları*, Yayın No:7, Bursa.
- Zhou, M. X., He, X., Wang, T. and Han, Y., 2020, Functional and nutritional characteristics of oat proteins: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(11), 1874-1885.

EK-2 Farklı çimlendirme süreleri uygulanmış kavuzlu ve kavuzsuz yulaf genotiplerinden elde edilen yulaf ezmeleri



K: Katmerli (kavuzsuz); Y: Yazır (kavuzsuz), KA: Kazan (kavuzlu) YE: Yeniçeri (kavuzlu) yulaf türlerini temsil etmektedir. Yulaf genotiplerinin yanında yazılı olan rakamlar çimlendirme günlerini ifade etmektedir.