



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YUMUŞAK JÖLE TİPİ ŞEKERLEME
ÜRETİMİNDE FARKLI PREBİYOTİK
KAYNAKLARININ KULLANIMI

Meltem Hatice ÜNAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Meltem Hatice ÜNAL tarafından hazırlanan “Yumuşak Jöle Tipi Şekerleme Üretiminde Farklı Prebiyotik Kaynaklarının Kullanımı” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ

Danışman

Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ebru BAYRAK

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

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 191319019 nolu proje ile desteklenmiştir.

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.

İmza

Meltem Hatice ÜNAL

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUMUŞAK JÖLE TİPİ ŞEKERLEME ÜRETİMİNDE FARKLI PREBİYOTİK KAYNAKLARININ KULLANIMI

Meltem Hatice ÜNAL

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

2021, 70 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Ebru BAYRAK

Tüketicilerin sağlıklı beslenmeye artan ilgisinden dolayı, düşük enerjili şekerleme ürünlerine yönelik talep artmıştır. Bu nedenle, tüm dünyada yumuşak şekerlemelerin bileşimleri üzerinde çeşitli çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Bu tez çalışmasında, pektin bazlı yumuşak jöle tipi şekerlemenin toplam şeker içeriğinin (sakkaroz ve glikoz şurubu) %60'ı, izomalt, polidekstroz ve inülin ile çeşitli kombinasyonlar yapılarak ikame edilmiştir. Şekerleme örneklerinin fizikokimyasal (nem içeriği, pH, su aktivitesi (a_w), titrasyon asitliği, tekstür), duyuşal (renk, görünüş, tat/lezzet, dişe yapışkanlık, yumuşaklık/sertlik ve satın alınabilirlik) ve prebiyotik aktivite özellikleri ile enerji değerleri 30 günlük depolama öncesi ve sonrasında analiz edilmiştir. Polidekstrozun düşük su bağlama kapasitesi nedeniyle depolama öncesi nem değeri %28.79 iken depolama sonrası nem değeri %43.88 olmuştur. Depolama öncesi yapılan renk analizine göre, L^* değeri en yüksek örnek İzomalt örneğidir (40.80). Tekstür analizinde depolama süresi boyunca sadece İzomalt örneğinin esneklik değerinde önemli bir azalma olmuştur ($P<0.05$). İnülin+Polidekstroz örnekleri *Lactobacillus acidophilus* suşunda (220×10^2 kob), Polidekstroz örnekleri ise *Bacillus clausii* suşunda (20×10^2 kob) en yüksek prebiyotik etkiyi göstermiştir. İzomaltın yüksek higroskopitesinden dolayı eklendiği şekerlemelerin yüzeyinde kristal ve mat bir görüntü oluşturması, tüketicilerin %80'inde İzomalt şekerlemesini 'Kesinlikle satın almazdım' düşüncesine neden olmuştur. İzomalt, inülin ve polidekstroz eklenen şekerleme örneklerinin toplam enerji değerleri kontrole kıyasla sırasıyla %27.97, %37.28 ve %43.92 oranında azaltılmıştır. Çalışmada üretilen şekerlemelerin enerji değerleri 209.18-263.32 kcal/g arasında değişmektedir.

Jöle tipi yumuşak şekerleme formülasyonlarında, sakkaroz ve glikoz şurubu ile ikame edilen polidekstroz ve inülin gibi prebiyotiklerin şekerleme örneklerinin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Ancak, şeker ve glikoz şurubunun bir kısmı yerine sadece izomaltın kullanıldığı örneklerin duyuşal özellikler açısından olumsuz etkilendiği görülmüştür. Fizikokimyasal, duyuşal, prebiyotik aktivite özellikleri ve enerji değerlerini genel olarak değerlendirdiğimizde polidekstrozun gerek tek başına gerekse inülin ile ikili kombinasyonu olumlu sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: düşük enerjili yumuşak şekerleme, inülin, izomalt, polidekstroz, prebiyotik.

ABSTRACT

MS THESIS

USE OF DIFFERENT PREBIOTIC SOURCES IN SOFT JELLY TYPE CANDY PRODUCTION

Meltem Hatice ÜNAL

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN FOOD ENGINEERING**

Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

2021, 70 Pages

Jury

Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Assoc. Prof. Nilgün ERTAŞ

Assist. Prof. Dr. Ebru BAYRAK

Due to the increasing interest of consumers in healthy eating, the demand for low-calorie confectionery products has increased. For this reason, various studies have been carried out on the compositions of soft candies all over the world. In this thesis study, %60 of the total sugar content (sucrose and glucose syrup) of the pectin based soft jelly type candy was replaced by various combinations with isomalt, polydextrose and inulin. Physicochemical (moisture content, pH, water activity (a_w), titration acidity, texture), sensory (color, appearance, taste/flavor, stickiness to teeth, softness/hardness and affordability) and prebiotic activity characteristics and calorie values of the confectionery samples for 30 days It was analyzed before and after storage. Due to the low water binding capacity of polydextrose, the moisture value before storage was 28.79%, while the post-storage moisture value was 43.88%. According to the color analysis performed before storage, the sample with the highest L^* value is the Isomalt sample (40.80). In the texture analysis, there was only a significant decrease in the elasticity value of the Isomalt sample during the storage period ($P<0.05$). Inulin + Polydextrose samples showed the highest prebiotic effect in Lactobacillus acidophilus strain (220×10^2 cfu), while Polydextrose samples showed the highest prebiotic effect in Bacillus clausii strain (20×10^2 cfu). Because of the high hygroscopicity of isomalt, it creates a crystal and matte appearance on the surface of the candies to which it is added, causing %80 of the consumers to think "I definitely would not buy" Isomalt confectionery. The total energy values of the confectionery samples with isomalt, inulin and polydextrose were reduced by %27.97, %37.28 and %43.92, respectively, compared to the control. The energy values of the confectionery produced in the study vary between 209.18-263.32 kcal/g.

In jelly type soft confectionery formulations, the effects of prebiotics such as polydextrose and inulin, which are substituted with sucrose and glucose syrup, on the physical, chemical and sensory properties of confectionery samples were found to be acceptable. However, it was observed that the samples in which only isomalt was used instead of some of the sugar and glucose syrup were negatively affected in terms of sensory properties. When we evaluated the physicochemical, sensory, prebiotic activity properties and energy values in general, polydextrose alone or in combination with inulin gave positive results.

Keywords: inulin, isomalt, polydextrose, low energy soft candy, prebiotic.

ÖNSÖZ

Tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarının alt yapısı kullanılarak yürütülmüştür.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, eğitimimde önemli katkılar sağlayan ve üstün bilgilerini benimle paylaşan saygıdeğer tez danışmanı hocam sayın Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU'na

Laboratuvar çalışmalarında yanımda olan ve bilgisini paylaşan doktora öğrencisi Merve AYDIN'a

Tez döneminde yanımda olan yardımlarını eksik etmeyen ve tez çalışmamda emeği geçen yüksek lisans ve lisans öğrencilerine,

Maddi manevi tüm güçlüklerle karşı her zaman yanımda olan, haklarını asla ödeyemeyeceğimi bildiğim sevgili aileme özellikle babam Fatih Mehmet ÜNAL, annem İlknur ÜNAL, kardeşim Mert ÜNAL ve Hamdi GÖK'e

Sonsuz teşekkürler...

Meltem Hatice ÜNAL
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
EK LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.2. Metot	14
3.2.1. Kullanılan cihazlar ve kimyasallar	14
3.2.2. Ön Deneme	15
3.2.3. Deneme Deseni	16
3.2.4. Yumuşak şekerlemelerin hazırlanması	16
3.2.5. Analizler.....	18
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	25
4.1. Nem İçeriği, Su Aktivitesi, pH ve Titrasyon Asitliğine İlişkin Sonuçlar	26
4.2. Renk Analizine İlişkin Sonuçlar	33
4.3. Tekstür Analizine İlişkin Sonuçlar	39
4.4. Prebiyotik Aktivite Analizine İlişkin Sonuçlar	42
4.5. Duyusal Analiz ve Satın Alınabilirlik Testine İlişkin Sonuçlar	47
4.6. Enerji Değeri Hesaplama Sonuçları.....	52
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
6. KAYNAKLAR	58
EKLER	70

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2. 1 Şeker kaynaklarının karbonhidrat miktarı ve glisemik indeks değerleri (Grembecka, 2015)	13
Çizelge 2. 2 Prebiyotik olarak kullanılan tatlandırıcıların sakkarozaya göre nispi tatlılık derecesi (Sadler ve Stowell, 2012)	13
Çizelge 3. 1 Yumuşak jöle tipi üretimi ve analizinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar... 15	
Çizelge 3. 2 Çalışmaya ait deneme deseni.....	16
Çizelge 4. 1 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin fizikokimyasal analiz sonuçları	27
Çizelge 4. 2 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin tekstür analiz sonuçları	40
Çizelge 4. 3 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin prebiyotik aktivite analizi sonuçları	44
Çizelge 4. 4 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin duyu analizi sonuçları	49
Çizelge 4. 5 Şekerlemelerin enerji değerleri.....	53

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 İzomaltın kimyasal yapısı (Efe, 2018).....	7
Şekil 2.2 İnülinin kimyasal yapısı (Meyer, 2015)	8
Şekil 2.3 Polidekstrozun kimyasal yapısı (Mitchell ve ark., 2001)	9
Şekil 3. 1 Yumuşak şekerleme üretimi akım şeması	17
Şekil 3. 2 a) Yumuşak şekerlemenin pişirilmesi b) Şekerlemeye asit çözeltisi, renk ve aroma maddelerinin ilavesi	18
Şekil 3. 3 a) Silikon kalıba dökülmüş yumuşak şekerleme örnekleri b) Kalıptan çıkarılmış şekerleme örnekleri.....	18
Şekil 3. 4. a) Şekerleme örneğinin NaOH ile titre edilmesi b) Hazırlanan paralel çözeltiler.....	20
Şekil 3. 5 Şekerleme örneğinin tekstür analizi	20
Şekil 3. 6 Prebiyotik aktivite analizi akım şeması	22
Şekil 3. 7 a) MRS sıvı besiyerine kültür ilavesi b) Kültür içeren sıvı besiyerine şekerleme örneklerinin ilavesi c) Kültürün MRS agar üzerine yayılması	23
Şekil 3. 8. a) Yumuşak şekerleme örneklerinin duyu analize hazırlanması b) Duyusal analiz yapan panelistler.....	23
Şekil 3. 9 Depolama analizi için kullanılan yumuşak şekerleme örnekleri	24
Şekil 4. 1 Yumuşak şekerleme örnekleri	25
Şekil 4. 2 Renk analizinde ölçülen L* değerleri (a) Depolamanın 1. Günü, (b) 30 gün depolama sonrasında.....	35
Şekil 4. 3 Renk analizinde ölçülen a* değerleri (a) Depolamanın 1. Günü, (b) 30 gün depolama sonrasında.....	36
Şekil 4. 4 Renk analizinde ölçülen b* değerleri (a) Depolamanın 1. Günü, (b) 30 gün depolama sonrasında.....	37
Şekil 4. 5 MRS sıvı besiyerinde a) gelişme olan b) gelişme olmayan deney tüpleri.....	46
Şekil 4. 6 Şekerleme örneklerinin koloni sayımı	46
Şekil 4. 7 Yumuşak şekerlemelerde (a) Depolamanın 1. Günü, (b) 30 gün depolama sonrasında	48
Şekil 4. 8 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin satın alınabilirlik sonuçları	51

EK LİSTESİ

EK 1. Yumuşak jöle tipi şekerleme duyuşal analiz puanlama ve satın alınabilirlik formu	70
--	----

SİMGELER VE KISALTMALAR

a*	: (a+) kırmızı ve (a-) yeşil renk değeri
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
a _w	: Su aktivitesi
b*	: (b+) sarı ve (b-) mavi renk değeri
°C	: Santigrad derece
CAGR	: Bileşik yıllık büyüme oranı
Cal	: Kalori
CIE	: Uluslararası aydınlatma komisyonu
DE	: Eş değeri
Dk	: Dakika
DP	: Polimerizasyon derecesi
g	: Gram
GI	: Glisemik indeks
GY	: Glisemik yük
JAR	: Just-About-Right
Kcal	: Kilokalori
Kg	: Kilogram
Kob	: Koloni oluşturan birim
L*	: (0-100) Parlaklık renk değeri
LAB	: Laktik asit bakterileri
LDL	: Düşük yoğunluklu protein
mm	: Milimetre
mL	: Mililitre
Na	: Sodyum
NaOH	: Sodyum hidroksit
nm	: Nanometre
s	: Saniye

1. GİRİŞ

Günümüz şartlarında insanların yaşam standartları, çalışma koşulları ve günlük rutin işleri beraberinde düzensiz ve yetersiz beslenmeyi getirerek diyetle şekerli ve yüksek enerjili gıdaları tüketilmelerine neden olmuştur. Ortaya çıkan bu beslenme düzeni, bazı sağlık sorunlarına (diyabet, kanser ve kalp-damar hastalıkları gibi) neden olarak tüketicilerin sağlıklı yaşam kalitesini düşürmeye başlamıştır. Son zamanlarda tüketicilerin sağlıklarını ve refahlarını iyileştirmek üzere bilinçlenmesi ve sağlıklı beslenmeye verdikleri önemin giderek artması ile besin değeri yüksek, biyoaktif maddeler içeren ve enerji değeri düşürülmüş fonksiyonel gıdaların kullanımı önem kazanmıştır. Tüketicilerin bu talebini karşılamak amacıyla besleyici, fonksiyonel ve alternatif gıdalar piyasada yerini almaya başlamıştır. Şekerleme ürünleri bu gıda grupları arasında önemli bir yere sahiptir. Günümüz şekerleme endüstrisinde; tüketici beğenisini kazanmak, ürünlerin besinsel değerini artırmak, enerji değerini ve şeker içeriğini azaltmak, yenilikçi teknolojileri oluşturmak ve ürün çeşitliliğini iyileştirmek için çalışmalar yürütülmektedir (Korkach ve Krusir, 2017).

Dünyada çeşitli ürün grubu ve geniş tüketici kitlesi olan şekerleme sektörü; temel beslenme ihtiyaçlarının dışında ve her yaş grubundan tüketicisi olan bir pazardır (Dorn ve ark., 2015). Şekerleme ürünleri; sert veya yumuşak şekerler, çeşitli sakızlar, dolgulu şekerler, çikolata ve türevleri, kaplamalı ürünler, draje vb. oluşmaktadır (Manjula ve Suneetha, 2014). Küresel şekerleme pazarı, orta sınıf tüketicilerin yüksek talebi nedeniyle istikrarlı bir şekilde büyümeye devam etmektedir. Türkiye genelinde kişi başı şekerleme tüketimi 25 kg seviyesinde iken AB ülkeleri ve ABD’de ise kişi başına tüketim 6 kat daha fazladır (Anonim, 2016). 2018 yılı verilerine göre Türkiye şekerleme pazarının büyüklüğü 3.5 milyar dolar iken Avrupa Birliği ülkelerinden toplam ithalatı 130.9 milyon dolar olarak hesaplanmıştır. Ülkemizin 2016-2021 yılları arasında %14.3 pazar büyümesi ve 42 milyon tüketicisi ile yıllık kişi başı şekerleme tüketiminin 4.6 kg kadar olacağı öngörülmektedir (Anonim, 2018). Şekerleme piyasasının 2020 yılı gelirinin bir kısmı 418.715 milyon ABD doları şeklinde hesaplanarak bu gelirin 2023 yılına kadar yıllık %3.2 CAGR büyüme ile 455 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Statista, 2019a; Statista, 2019b). Grand View Research, Inc. tarafından hazırlanan rapora göre, 2025 yılına kadar küresel fonksiyonel gıda pazar büyüklüğünün 275.77 milyar ABD dolarına ulaşması tahmin edilerek %7.9'luk bir CAGR büyümesi beklenmektedir (Anonim, 2019).

Günümüzde tercih edilen şekerleme türleri; düzenleyici normlardaki farklılıklar, tüketicilerin ekonomik durumları ve tat bakımında tercihleri gibi bazı faktörler nedeniyle coğrafi bölgelere göre farklılık göstermektedir. Şekerleme ürünleri gibi yüksek miktarda şeker içeren diyetlerin; vücut ağırlığı artışı, diş çürüklüğü, obezite, diyabet ve kalp damar hastalıkları gibi sağlık sorunlarına neden olduğu ve sağlıklı bireylerin kan şekeri üzerine olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir (Anonim, 2016a; Anonim, 2017). Cargill'in küresel yiyecek ve içecek trendlerine ilişkin 2019 araştırması, şekerin gıda ürünlerinde kaçınılması gereken bir bileşen olduğunu ve tüketicilerin %54'ünün şekersiz veya düşük şekerli ürünler için daha fazla ödemeyi kabul ettiğini rapor etmiştir (Anonim, 2019a). Tüketicilerin tercihi genel olarak düşük enerjili/enerjisiz tatlandırıcıları içeren ürünlerden yana olmaktadır. Tüketicilerin beklentilerini karşılamaya çalışan gıda endüstrisi, sakkaroz yerine düşük enerjili/enerjisiz alternatif tatlandırıcıların piyasaya sürülmesi konusunda çalışmalar yürütmektedir.

Prebiyotikler, insan bağırsağındaki faydalı bakterilerin büyümesini veya aktivitesini arttıran karbonhidratlardır ve sindirilemezler. Muz, buğday kepeği, soğan, pırasa, sarımsak vd. gibi meyve ve sebzeler bu karbonhidratların kaynaklarıdır. Prebiyotiklerin tüketimi kalın bağırsak bakterilerinin çoğalmalarını ve aktivitelerini artırarak kolonize olmalarını kolaylaştırır ve böylece kolon kanseri riskini azaltır. Prebiyotikler; kalsiyum alımının artırılması sonucu osteoporozun önlenmesi, obezite ve tip-2 diyabet riskinin azaltılması, bağışıklık sisteminin düzenlenmesi ve ürogenital sistemin korunmasında da etkili olmaktadır (Gibson ve ark., 2004; Langlands ve ark., 2004; Oliveira ve ark., 2011). Prebiyotiklerin sağlığa yararları konusunda tüketicilerin farkındalığının artması ile prebiyotikler giderek ilgi uyandıran bir pazar olmuştur (Anonim, 2016b). Gıdalarda kullanılan başlıca prebiyotikler; inülin, frukto-oligosakkaritler, gluko-oligosakkaritler, galakta-oligosakkaritler, ksilo-oligosakkaritler, soya oligosakkaritleri, dirençli nişasta, izomalt, polidekstroz, maltodekstrin ve modifiye karbonhidratlardır (Mussatto ve Mancilha, 2007; Parracho ve ark., 2007).

Prebiyotikler, gıda endüstrisinde gıda içeriğini zenginleştirmek ve gıdanın kalitesini artırmak amacıyla fermente süt ürünleri, çikolata, dondurulmuş gıdalar, dondurma, sütlü tatlılar, sakızlar, unlu mamüller, alkolsüz içecekler, ekmek ve şekerleme gibi ürünlere katılmaktadır (Demirci ve ark., 2017; Kızılaslan, 2017).

Gıda mevzuatında 26 Ocak 2017’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği kapsamında enerji/kalori/besin öğeleri, azaltılmış/daha az denilebilmesi için enerji/besin öğesi miktarında, benzer bir ürüne göre en az %30’luk bir azalma sağlanması gerekmektedir. Enerji değerine ilişkin beyan yapıldığında, toplam enerji değerindeki azalmanın gıdanın hangi özelliğinden kaynaklandığı da belirtilir. Bu çalışmayla; yumuşak jöle tipi şekerlemeye izomalt, inülin, polidekstroz ve bunların karışımlarının yer aldığı farklı oranlarda prebiyotiklerin eklenmesi ve toplam şeker içeriğinin %60 oranında azaltılması ile insan vücudunda fonksiyonel etkileri bulunan, gün içinde normalden daha fazla tüketilebilecek ve düşük enerjili bir ürün üretilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yumuşak jöle tipi şekerleme dünyada yaygın tüketilmesine rağmen, uluslararası literatürde sınırlı sayıda araştırmaya konu olmuştur (Nestle, 2007). Yumuşak jöle tipi şekerlemeler genel olarak; glikoz şurubu, sakkaroz, maltoz, jelatin/nişasta, su, asitliği düzenleyici, aroma ve renklendiricilerden oluşur (Burey ve ark., 2009; Karınca, 2011). Jöleler, nispeten yüksek nem içerikli, şeker şurubunu tutmak için ağ sağlayan bir hidrokolloide (bazen dengeleyici olarak da adlandırılır) dayanan bir şekerleme sınıfıdır. Her hidrokolloid, şekerleme ürününe kendi dokusunu ve organoleptik özelliklerini verir. En yaygın hidrokolloidler jelatin, nişasta ve pektindir. Şekerlemeye yeni özellikler ve doku kazandırmak için diğer hidrokolloidlerle (agar, arap zamkı, karagenan, vb.) karışımlar halinde de kullanılabilir. Hidrokolloidler, şekerlemelerin sertleşme oranlarını ve fiziksel özelliklerini, tatlandırıcıların da jelasyon özelliklerini etkileyebilir. Bu yüzden formülasyonda kullanılan tatlandırıcıların doğal yapısına göre hidrokolloidler kullanılmalıdır. Pektin ve guar zamkı, kandaki toplam kolesterol ve LDL kolesterolünü düşürürler ve koroner kalp hastalığı riskini azaltmada fayda sağlarlar (Rosner ve ark., 1999; Gould ve ark., 2007). Ayrıca pektin serum glikoz seviyelerini düşürerek kanser riskini azaltır ve bağışıklık üzerine olumlu etkiler gösterir (Sharma ve ark., 2006; Mohnen, 2008). Arap zamkı diyet lifi olarak kabul edilir ve günde 10 g'lık bir doz alımı ile prebiyotik etki gösterir (Phillips ve ark., 2011). Laktik asit bakterilerinin büyümesini artırır, bu da kalın barsak pH'ının azaldığını ve patojenlerin gelişimini engelleyen ve kanser riskini azaltabilen küçük zincirli yağ asitlerinin üretildiğini gösterir (Edwards ve Garcia, 2009).

Lubbers ve ark. (2003), glikoz ikamesi olarak üç farklı tatlandırıcıyı aynı oran ve formülasyon ile kullandığı jölenin duyuşal özelliklerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda mısır şurubu, glikoz-sakkaroz karışımlarına göre daha az aroma salınımına neden olmuştur. Aroma bileşikleri bu nedenle algılanmaya daha az müsaittir. Üç farklı tatlandırıcı karışımıyla üretilen jöleler arasında duyuşal olarak önemli farklılıklar gösterilmiştir. Çoğu araştırmacı algılanan lezzet yoğunluğunun jelleştirici maddenin tipine ve elde edilen dokuya bağlı olduğunu bildirmiştir (Carr ve ark., 1996; Cayot ve ark., 1998). Daha önceki birkaç çalışmada, sakkarozun mısır şurupları gibi diğer şekerlerle kısmi ikamesi sonucunda, pektin jellerinin reolojik özelliklerinin değiştiği belirlenmiştir (Al-Ruqaie ve ark. 1997; Evageliou ve ark. 2000). Pektin jelinin reolojik özellikleri, aroma salımının belirlenmesinde rol oynar.

Rodríguez-Zevallos ve ark. (2018), jöle şekerlemede sakkarozu bal ile ikame ederek ve antioksidan kaynağı olarak zencefil ekstraktı kullanarak düşük enerjili fonksiyonel bir ürün geliştirmiştir. Rivero ve ark. (2019), bal, stevia ve propolis içeren jöle tipi yumuşak şekerleme üretmiştir. Tek tatlandırıcı olarak balla formüle edilen şekerlemelerin dokusal ve yapısallığı (yüksek yapışkanlık) beğenilmemiş, bu nedenle tatlılığı artırmak için stevia dahil edilmiştir. Çalışma sonucunda, organoleptik olarak lezzetli bir jöle elde edilmesinin yanı sıra benzer ticari şekerlerden daha yüksek antioksidan kapasitesi belirlenmiştir. Rivero ve ark. (2021), yaptıkları son çalışmada şeker ilavesi olmadan portakal ve ahududu suları içeren iki farklı jöle şekerleme geliştirmiştir. Polifenol kaynağı ve doğal koruyucu olarak örneklere propolis ekstraktı da eklenmiştir. Çalışma sonucunda, yetişkinler portakal ve ahududu şekerlemelerini sırasıyla %74 ve %81 oranlarında beğenmişlerdir. Çocukların ise %56'sı portakal suyu içerikli, %82'si de ahududu suyu ile iyileştirilmiş örnekleri beğenmiştir. Duyusal araştırmalar her iki formülasyonun da daha düşük enerjili şekerleme tercih edenler için önemli alternatifler olabileceğini göstermiştir.

Şekerleme formülasyonunda şeker kaynağı olarak glikoz ve fruktoz şurupları, dekstroz ve sakkaroz kullanılmaktadır (Utomo ve ark., 2014; Charoen ve ark., 2015). Söz konusu gıdaların diğer gıda gruplarına göre daha ucuz olmaları, kolay temin edilmeleri ve özellikle çocukların aşırı tüketmeleri sonucu yüksek enerji alımına bağlı olarak sağlığı olumsuz etkilemesi gibi nedenler, tüketicilerin bu gıdaları satın alma davranışlarını ve tutumlarını değiştirmiştir. Şekerler ve tatlandırıcılar insan diyetinde önemli bir role sahiptir ve uygun şekilde doğru miktarlarda tüketmek sağlığı doğrudan etkilemektedir. Çok fazla miktarda şeker tüketiminin diş çürüğünün gelişiminde birincil faktör olduğu iyi bilinmektedir. Aynı zamanda obezite ve ilişkili metabolik hastalıklara yol açabilmektedir. Bu semptomların yaygın olarak görülmesi, son yıllarda tüketicilerin sağlıklı ürünleri tüketmelerine yol açmış ve şekersiz alternatiflere olan talep artmıştır. Bununla birlikte, ticari olarak temin edilebilen şekersiz ürünler, benzer şekilde sakkaroz içeren referans ürünlere kıyasla doku ve ağız hissi bakımından farklılık gösterir (Siefarth ve ark., 2011a; Siefarth ve ark., 2011b).

Günümüzde prebiyotikler, şekerleme ürünlerine tatlılık vermenin ve tekstür sağlamanın yanında bu ürünleri lif bakımından zenginleştirmek amacıyla da kullanılmaktadır (Wang, 2009). Yumuşak şekerlemelerde kullanılan tatlandırıcılarda izomalt, inülin, polidekstroz gibi prebiyotikler de kullanılmaktadır (Delgado ve Banon, 2018; Lele ve ark., 2018; Lekahena ve Boboleha, 2020).

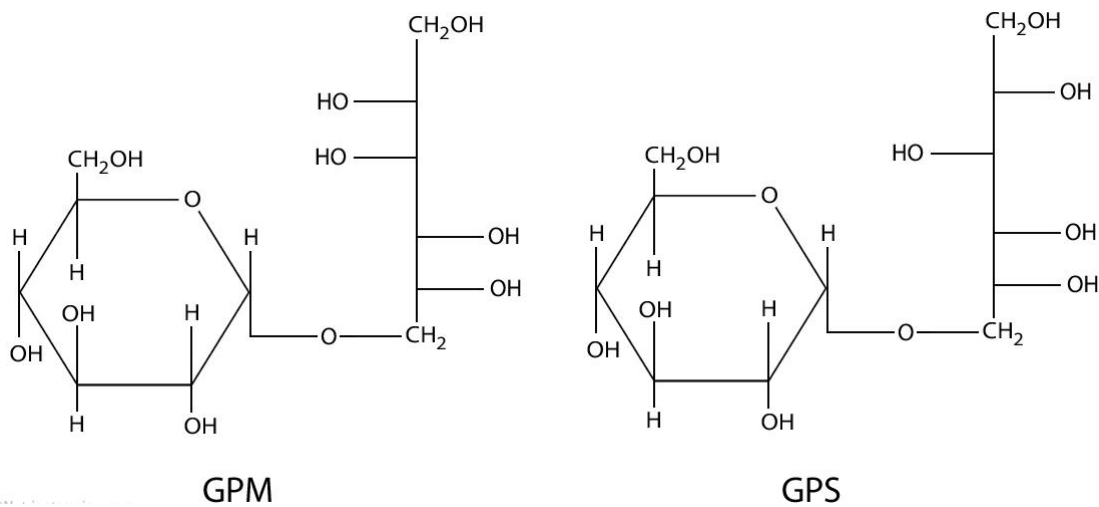
Prebiyotikler, baklagillerde, sebze ve meyvelerde doğal olarak bulunabildikleri gibi özellikle bisküviler, şekerlemeler, tahıllar, süt ürünleri, içecekler, bebek mamalarına zenginleştirici olarak ilave edilmektedir. Günümüzde şekerleme ürünlerine yönelik ucuz olmaları, kolay temin edilmeleri ve özellikle çocuklarda aşırı tüketimlerinin yüksek enerji alımına bağlı olarak sağlığı olumsuz etkilemesi bakımından hem bu algının değiştirilmesi hem de geniş kitlelere hitap eden bu ürünlere fonksiyonellik kazandırılması amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Tatlandırıcılardan şeker alkollerini (sorbitol, ksilitol, mannitol, maltitol, eritritol, laktitol, izomalt, hidrojenize nişasta hidrolizatları ve hidrojenize nişasta şurupları) ise sentetik tatlandırıcıların aksine büyük oranda mikrobiyotayı olumlu yöne etkilemekte ve bir prebiyotik gibi davranmaktadır. Eritritol gibi istisnaları bir kenara koyarsak mikrobiyota açısından bu katkıların kullanılması olumlu bir etki yapmaktadır (Gültekin ve ark., 2017). Şeker alkollerini içeren besinler arasında elma, kayısı, kiraz, armut, nektarin, şeftali, erik, karpuz, avokado, karnabahar, mantar ve bezelye gelmektedir (Anonim, 2014; Petković, 2019). Şeker alkollerinin genel özellikleri; emülgatör, stabilize edici, lezzet artırıcı, nemlendirici, kristalleşmeyi kontrol edici, hacim artırıcı, yüksek sıcaklıklarda çok kararlı ve prebiyotik olmalarıdır (Petković, 2019). Şeker alkollerinin bağırsaktaki yavaş emilimleri nedeniyle kan, glikoz ve insülin düzeylerini artırmadıklarından dolayı diyabet hastalarının tüketilebilmektedir. Ayrıca ağızdaki bakteriler tarafından yavaşça metabolize edilir. Bu gıda bileşenlerinden asit üretim oranı ve miktarı sakkarozdan önemli ölçüde daha azdır. Sorbitol, mannitol ve ksilitol gibi bazı şeker alkollerinin sık veya uzun süreli kullanımı, ağız bakterilerinin bu maddelere karşı adaptasyonuna neden olabilmektedir. Bu etki ile birlikte şeker alkollerinin tüketilmesinin diş minesinden mineral kaybına neden olacağı düşüncesi ortadan kalkmaktadır (FDA, 1996; Edgar, 1998; Imfeld, 1999; Touger-Decker ve Van Loveren, 2003; FDA, 2010). Şeker alkollerini, çikolata, dondurulmuş gıdalar, dondurma, sütlü tatlılar, sert/yumuşak şekerler, sakızlar, unlu mamüller ve alkolsüz içecekler gibi ürün grubu için en uygun besleyici şeker ikamesidir (Kızılaslan, 2017).

Tatlandırıcılar; doğal ve yapay tatlandırıcılar, şeker alkollerini ve tatlı proteinler olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Klug ve Lipinski, 2016). Şekerlemede, tatlılık ve lezzet, genellikle şeker içeriğini değiştirerek ayarlanan önemli konulardır ve mikrobiyal büyüme de şeker ilavesi ile önlenmektedir. Tatlılık ve nemlilik özelliklerine ek olarak, sakkaroz da pektin ve nişasta bazlı jölelerin jelleşmesinde bir destekçidir (Bucke, 1995). Sakkarozun yerine, sorbitol ve maltitol kullanımı sonucu örneğin

sertliğinin azaldığı saptanmıştır. Sorbitol, nem kontrolünü sağlar. Bu özelliği ile sorbitol, ortamın nem dengesini koruma gücü yüksek bir tatlandırıcıdır. Nem içeriğindeki bu yavaş değişim oranı, sorbitolün kullanıldığı gıda ürünlerinin kalitesini korur ve raf ömrünü uzatır. Sorbitol, sakkarozun tatlılığının yaklaşık %60'ına sahiptir. Diyet enerjisi sağladığı için besleyici bir tatlandırıcı olarak nitelendirilmektedir. Sorbitolün kalori değeri 2.6 kcal/g'dir. Bu sakkarozun kalori değerinden (4 kcal/g) daha düşüktür. Kristalli sorbitol, şekersiz sakızda hacim arttırıcı madde olarak yaygın kullanılır. Nane, tarçın ve meyve aromaları gibi diğer aroma maddeleri ile sinerjik etkide tatlılık ve hoş bir soğutma etkisi sağlamaktadır. Şekersiz bir sakızda kullanılan kristalin sorbitol seviyesi tipik olarak ağırlıkça %50-55 arasındadır (Le ve Mulderrig, 2001; Lawson, 2007; Grembecka, 2015).

Prebiyotik olarak kullanılan izomalt bir şeker alkolüdür. Beyaz, kokusuz, kristal bir yapıya sahip olan izomalt, tatlı, düşük kalorili ve hacim arttırıcı bir ajandır (Varzakas ve ark., 2012). 6-Od-lukopiranoz-d-sorbitol (1,6-GPS) ve 1-Od-glukopiranosil-d-mannitol (1,1-GPM) adı verilen iki molekülden oluşur (Şekil 2.1).

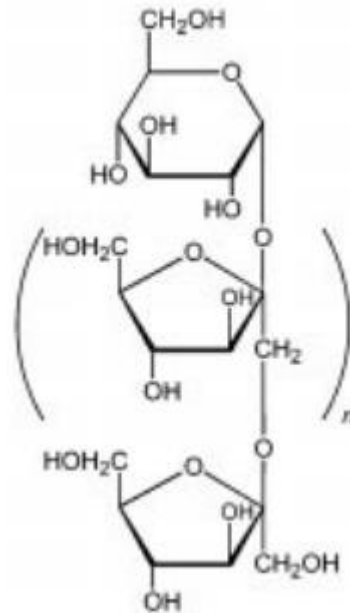


Şekil 2.1 İzomaltın kimyasal yapısı (Efe, 2018)

İzomaltın kalori değeri 1.94 kcal/g olup sakkarozu oranla tatlılık derecesi %45-%60 aralığındadır (Varzakas ve ark., 2012). İzomaltın çözünürlüğü, 20 °C'de 100 g çözeltilde 24 g olup, çözelti sıcaklığı yükseldikçe çözünürlük artar (Wilson, 2007). İzomalt yüksek ısı stabilitesine sahip olduğu için pişirme veya kaynatma gibi ısı işlemlerde tercih edilir (Efe, 2018). Ayrıca, izomalt indirgenmeyen bir şekerdir ve herhangi bir esmerleşme reaksiyonuna katılmaz (Wilson, 2007). Fiziksel olarak sakkarozu benzemesinin yanı sıra hafif higroskopik bir maddedir ve gıdalarda lezzet

aktarımını artırır (Grembecka, 2015). Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılır ve sakkarozdan farklı bir tat profiline sahip olmadığı için tüketiciler tarafından kabul edilir (Wilson, 2007). İzomalt düşük glisemik indekse sahiptir, karyojenik değildir ve diyabetli kişiler için uygundur. Bununla birlikte, izomalt nadiren tek başına kullanılır ve genellikle istenen tatlılığı elde etmek için diğer tatlandırıcılar ile birleştirilir (Sentko ve ark., 2012; Efe ve ark., 2019). İzomalt tatlandırıcı olmasının yanı sıra hacim artırıcı ve topaklanmayı önleyici bileşen olarak da işlev görür (Grembecka, 2015).

En sık kullanılan prebiyotiklerden birisi olan inülin, çoğunlukla hindiba kökünden ekstrakte edilir (Orozco-Parra ve ark., 2020). İnülin, fruktan grubuna ait olan sindirilemez bir polisakkarittir ve β -(2-1)-D-fruktosil-fruktoz zincirlerinden oluşur (Şekil 2.2) (Delgado ve Banon, 2018). İnülinin zincir uzunluğu 2 ila 60 monomer arasında değişir. Polimerizasyon derecesine (DP) bağlı olarak, kısa zincirli inülin (SI, DP değeri ≤ 10), uzun zincirli inülin (LI, DP değeri ≥ 23) ve doğal inülin (NI, DP değeri 2 ve 60 aralığı) olmak üzere üç çeşittir (Luo ve ark., 2020).

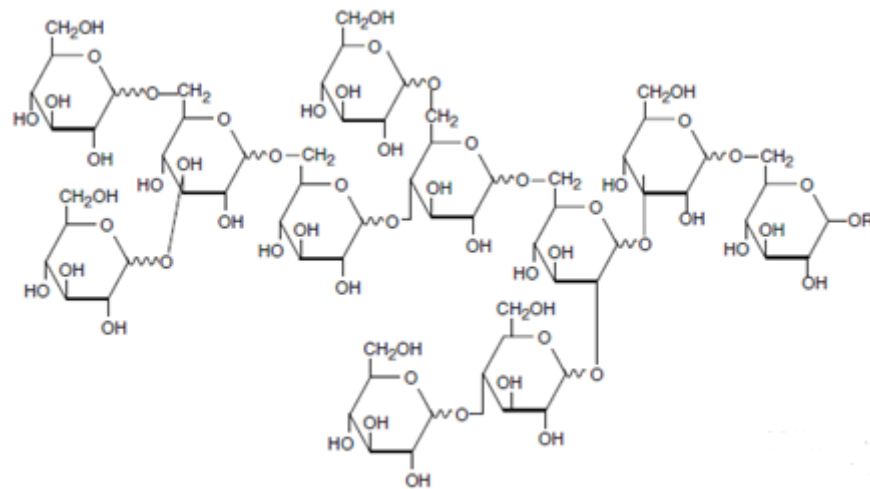


Şekil 2.2 İnülinin kimyasal yapısı (Meyer, 2015)

İNülinin fermantasyonunda sindirim ürünleri olarak kısa zincirli karboksilik asitler (asetat, bütirat ve propiyonat), laktat ve gazlar üretilir (Gibson ve Roberfroid, 1995). Bu fruktanlar düşük enerjili gıda bileşenleridir. İnülinin enerji içeriği sindirilebilir karbonhidratların sadece %40-50'si kadar olup kalori değeri 1.39 kcal/g'dır (Kaur ve Gupta, 2002). Bu nedenle, inülin düşük glisemik indekse ve düşük kaloriye sahiptir ve diyabetli kişiler için uygundur.

İnülin, hidrokolloidlerden farklı kalınlaşma ve stabilize edici özelliklere sahiptir. İnülin molekülü çok daha küçüktür ve su bağlama yeteneği, hidrokolloidlere kıyasla düşüktür (Meyer ve Blaauwhoed, 2009). İnülin; su veya diğer sulu sıvılar ile iyice karıştırıldığında beyaz-kremi bir görünüm ve jel benzeri bir yapı oluşur (Franck, 2002; Delgado ve Banon, 2018). Jel oluşturma özelliğinden dolayı gıda ürünlerinde jelleştirici bileşen olarak da kullanılır. Düşük tatlılık derecesine, renksiz ve kokusuz özelliklere, yararlı fizyolojik ve prebiyotik etkilere sahip olan inülin, gıda maddelerinin sağlığa yararlı olarak pazarlanabilmesi için kullanılır. İnülin çeşitli amaçlar için gıdalarda; yağ ve şeker ikamesi, düşük kalorili dolgu maddesi veya tekstür geliştirici bir bileşen olarak da kullanılır. İnülin de tıpkı izomalta olduğu gibi nadiren tek başına kullanılır ve diğer yüksek yoğunluklu tatlandırıcılar ile karıştırılarak düşük kalorili bir şeker ikamesi olarak pazarlanır (Delgado ve Banon, 2018; Demircan ve ark., 2019).

Bağırsakta yalnızca kısmen fermente olabilen ve poliollerden çok daha iyi bir sindirim toleransı gösteren polidekstroz, düşük moleküler ağırlıklı ve rastgele bağlanmış bir glikoz polisakkaritidir (Mitchell ve ark., 2001; Riedel ve ark., 2015). Polidekstrozun kimyasal yapısı Şekil 2.3'de gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Polidekstrozun kimyasal yapısı (Mitchell ve ark., 2001)

Polidekstroz genelde daha hızlı çözünmesi ve daha az tozlanması için granül haline getirilmiş formlarda bulunur (Auerbach ve Dedman, 2012). Polidekstrozun ortalama moleküler ağırlığı, doğal diyet lifinin moleküler ağırlığından daha düşüktür ve polimerizasyon derecesi (DP) 12-15'tir. Polidekstrozun diğer bir ayırt edici kimyasal özelliği ise rastgele bağlanmaya sahip heterojen bir bileşik olması ve diğer suda çözünür diyet lifleri gibi bir jel oluşturamamasıdır (Oku ve ark., 1991; Mitchell ve ark., 2001). Polidekstroz, suda yüksek çözünürlüğü ile suda çözünmeyen hacim artırıcı maddelerden

(selüloz gibi) ayrılır. Polidekstrozun bir çözeltiliye eklendiğinde oluşturduğu viskozite, eşit miktardaki sakkarozun viskozitesinden daha büyüktür. Sakkaroz çözeltilerinde olduğu gibi polidekstroz çözeltilerinin viskozitesi, sıcaklıktaki artışla azalır (Meyer, 2015). Polidekstroz, higroskopik yapısı nedeni ile gıdalarda nemlendirici görevi görebilir. Sakkaroz, düşük konsantrasyonlarda (%60'ın altında) polidekstroza oranla su aktivitesini daha fazla düşürür. Ancak polidekstroz daha yüksek konsantrasyonlarda nem miktarını azaltmada daha etkilidir. Bunun nedeni sakkarozun yüksek konsantrasyonlarda kristalize olabilmesi ve bu kristallerin nem miktarını düşürmek için su ile etkileşime girmemesidir. Polidekstroz, değişen moleküler ağırlıklara sahip dallı moleküllerin bir karışımıdır ve bu nedenle kristalleşmez. Aslında, polidekstroz şeker kristalleşmesini (örneğin sert şekerlemeler) önleyerek gıdaları stabilize etmek için kullanılabilir. Polidekstrozun yüksek kuru madde seviyesi, mikrobiyal büyümenin desteklenmesine izin vermez (Mitchell ve ark., 2001).

Polidekstroz, sakkarozla oranla daha az tatlıdır ve düşük glisemik indekse sahiptir. Kalori değeri 1 kcal/g'dır (Auerbach ve Dedman, 2012). Bu nedenle yağ, şeker veya nişasta ikame maddesi olarak kullanılmak üzere yüksek yoğunluklu tatlandırıcılarla birlikte kullanıldığında düşük kalorili bir hacim arttırıcı bileşen olarak geliştirilmiştir. Polidekstroz; şeker ve yağ ikamesi olarak kullanıldığında, şeker kalorisinin yalnızca %25'ine ve yağ kalorisinin ise sadece %11'ine katkıda bulunur (Mitchell ve ark., 2001; Carig ve ark., 1996). Polidekstroz, unlu mamuller, içecekler, şekerlemeler ve dondurulmuş sütlü tatlılar dahil olmak üzere birçok gıda da kullanılmıştır. Yumuşak şekerlemede ise kısmi şeker ikamesi olarak polidekstroz kullanımı, hacim ve nem sağlama gibi iki temel işleve hizmet eder.

İzomaltın genellikle sakkaroz ile birlikte kullanıldığında sinerjik tat oluşturduğu belirtilmiştir (Osama, 2016). Sert tavllanmış şekerlemeler sert kristal bir kaplamaya sahiptir ve çikolata çekirdekleri ve sakız gibi ürünleri içerirken, jöle gibi yumuşak tavalanmış ürünler yumuşak bir dokuya sahiptir. Higroskopik olmayan bileşenler en iyisidir çünkü daha az nem alımı ve daha uzun bir raf ömrü olacaktır. Bu açıdan izomalt, tavlama için ideal bir bileşendir (Zumbé ve ark., 2001). Efe (2018) çalışmasında, jelatin bazlı yumuşak şekerlemenin enerji değerinin azaltılması amacıyla üç farklı oranda (30:70, 50:50, 70:30) izomalt, maltitol ve stevia tatlandırıcılarını kullanmış ve örneklerin karakterizasyonunu incelemiştir. Şekerlemede yapılan fiziksel analiz sonuçlarına göre; maltitol içeren örneklerin nem değerleri en yüksek bulunmuştur. Su aktivitesi sonuçlarına göre stevia içeren örnekler diğerlerine göre en

yüksek ortalama değer gösterirken izomalt en düşük değeri göstermiştir. Ayrıca, izomaltın nemlendirici özelliğinin maltitolden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Savant (2010), şeker oranı az ve düşük enerjili şekerlemelere ilginin artması sonucu yürüttüğü bir çalışmada jöle şekerlemesinde; %10 ile %15 aralığında tatlandırıcı (eritritol, sorbitol, maltitol, izomalt, mannitol, ksilitol veya birleşimleri) ve lif (selüloz, inülin, mannoooligosakkarit, akasya zımkı, guar zımkı, mikrokristal selüloz, polidekstroz, dekstrin, fruktooligosakkarit, karboksimetil selüloz veya birleşimleri) kullanmıştır. Sonuç olarak bu şekerlemenin sağlığa faydalı etkiler oluşturduğunu saptamıştır.

Aidoo ve ark. (2014), yaptıkları araştırmada sütlü çikolata üretiminde sakkarozun tamamen inülin ile ikame edilmesi, ürünün Casson plastik viskozitesinde ve sertlik değerinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşılık, yüksek seviyede polidekstroz içeren formülasyonlarda (%75 ve %100) plastik viskozite değerinin, referans örneklerden biraz daha düşük olduğu tespit etmişlerdir. Genel olarak, prebiyotiklerin (inülin, polidekstroz) farklı oranda karışımıyla üretilen çikolataların nem değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda olduğu, ancak orta (%50) ve yüksek (%100) miktarlarda prebiyotik içeren grupların nem değerlerinin önemli ölçüde artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda, %25 inülin ve %75 polidekstrozdan oluşan formülasyonların en yüksek ürün kalitesine sahip olduğunu kaydetmişlerdir.

Riedel ve ark. (2015), tekstür ve duyuşsal özelliklere ilişkin olarak şeker içeriğı azaltılmış ve şekersiz agar bazlı jöle tipi meyveli şekerlemelerin formülasyonlarını geliştirmiştir. Kısmen veya tamamen sakkaroz ve glikoz şurubuna uygun bir ikame kombinasyonu olarak oligofruktoz, polidekstroz, sukraloz ve eritritol kullanılmıştır. Şekersiz örneklerin asitliğinin yüksek agar içeriğinden dolayı diğer ürünlerden daha düşük olduğu belirtilmiştir. Şekeri azaltılmış örneklerde yapışkanlık değeri genellikle daha düşük çıkmıştır. Söz konusu araştırmada, Just-about-right (JAR) tekniğı ile yapılan tüketici değerlendirmesi ile şekersiz ürünlerin tatmin edici bir kabul edilebilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Sehwag ve Das (2015) şekerleme çalışmasında, %26.585 jamun ezmesi, %2 jamun çekirdeğı tozu ve hidrokolloid karışımları (%2.289 agar, %1.890 pektin ve %27.236 polidekstroz) içeren fonksiyonel bir şekerleme ortaya koymuştur. Çalışma sonucuna göre prebiyotik, sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve fosfor minerallerini içeren, yüksek diyet lifli, düşük glisemik indeksli ve düşük enerjili, antioksidan ve antidiyabetik potansiyele sahip özelliklerde bir ürün elde edilmiştir.

Rubio-Arreaez ve ark. (2017), narenciye suyuyla hazırlanan jöleye tatlandırıcı olarak %10 ila %30 oranında oligofruktoz, izomaltoz, ve tagatoz eklemiş ve referans olarak sakkaroz ile hazırlanmış narenciye sulu jöle ile karşılaştırmışlardır. Oluşturulan formülasyonlardan oligofruktoz-tagatoz veya izomaltuloz-tagatoz arasından sadece oligofruktoz ile oluşturulan jölede herhangi bir mikrobiyal bozulma görülmemiştir.

Delgado ve Bañón (2018) ise jelatin içeren yumuşak şekerlemede mısır nişastası yerine inülin kullanımının, nişastalı gruba göre daha yumuşak, elastik ve yapışkan olduğunu tespit etmiştir. Araştırma sonucunda, inülinin yıkıma uğramadığı, nötr tadından dolayı ürünün duyu kalitesini olumsuz etkilemediği ve potansiyel prebiyotik aktivitesinin yanı sıra şekerleme üretiminde jel oluşumuna yardımcı bir bileşen olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Demircan ve ark. (2019), araştırma çalışmasında, jöle tipi şekerleme ürününde şeker yerine inülin kullanımının (%0-65) ürünün tatlılığı dışında tekstüründe olumsuz bir durum yaratmadığını ve üründe istenilmeyen kristalizasyona neden olmadığını gözlemiştir. İnülinin, sakkaroz yerine kullanımıyla alternatif ve yüksek lif içerikli fonksiyonel yeni şekerlemelerin üretiminde uygun olacağı bildirilmiştir.

Lekahena ve Boboleha (2020), sakkarozun yerine sorbitol ve deniz yosunu kullanarak ürettiği jöle tipi yumuşak şekerlemelerin fizikokimyasal özellikleri ve duyu değerlendirme üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda göre sakkarozun sorbitol ile ikamesinin jel mukavemeti, nem içeriği ve toplam şeker içeriği ve asitlik (pH) üzerinde önemli bir etki sağladığı ve kül içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu araştırma, jöle tipi yumuşak şeker yapımında sorbitol kullanımının, jöle şekerlemelerinin fizikokimyasal özelliklerini ve duyu değerlendirmesini etkilediği belirlenmiştir.

Glisemik indeks (GI), besinlerin içeriğindeki karbonhidratların kan şekerini yükseltme hızıdır (Venn ve Green, 2007). Glisemik yük (GY) kavramı, bir yiyeceğin glisemik indeksini ve yenen miktarı dikkate alır (Ludwig, 2002).

GI ölçeği 1 ila 100 arasında değişir. Buna göre, gıdalar üç gruba ayrılır; yüksek GI gıdalar ($GI \geq 70$, kan şekeri seviyelerinde hızlı artış), ara GI gıdalar ($56 \leq GI \leq 69$, orta kan şekeri seviyesinde artış) ve düşük GI gıdalar ($GI \leq 55$, kan şekeri seviyesinde yavaş artış) (Kaur ve Das, 2015). Bu çalışmada üretilen yumuşak şekerlemede kullanılan şeker kaynaklarının karbonhidrat miktarı ve glisemik indeksi Çizelge 2.1'de, prebiyotik olarak da kullanılan tatlandırıcıların sakkarozla kıyasla tatlılık derecesi ise Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2. 1 Şeker kaynaklarının karbonhidrat miktarı ve glisemik indeks değerleri (Grembecka, 2015)

Şeker Kaynakları	Glisemik İndeks (GI)	Cinsi	Karbonhidrat (Her 100 g)	Kalori (Her 100 g)
Glikoz şurubu	58	İşlenmiş	78	283
Şeker	63	İşlenmiş	100	386
İnülin	0	Doğal	1	1.5
Polidekstroz	1	Diyet lifi	1	1
İzomalt	2	Şeker alkolü	2	2.1

Çizelge 2. 2 Prebiyotik olarak kullanılan tatlandırıcıların sakkarozu göre nispi tatlılık derecesi (Sadler ve Stowell, 2012)

Şeker alkolleri	Nispi tatlılık (sakkaroz = 1)
İnülin	< 0.1
İzomalt	0.4
Maltitol	0.9
Polidekstroz	< 0.1
Sorbitol	0.5

Literatür araştırması kapsamında, şekerleme üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan prebiyotik özellik taşıyan tatlandırıcılar değerlendirilmiştir. Tezde kullanılması düşünülen maddelerin benzeri çalışmaları ve genel özellikleri dikkate alınarak şekerleme içerisine ilave edilmiştir. Şeker alkollerinin tatlılığı, sakkarozun tatlılığının %25'i ile %100'ü arasında değişir ve sakkarozu oranla yaklaşık %40-50 daha az kalorilidir (Petković, 2019). Çizelge 2.1'deki karbonhidrat değerleri ve glisemik indeks bazlı sınıflandırmaya göre, yumuşak jöle tipi şekerleme örneklerimiz düşük glisemik indeksli besindir. Bu şekerlemelerin düşük karbonhidrat içeriğine sahip düşük glisemik gıda olduğu belirlenmiştir. Böylece, çalışmamızda üretilen düşük glisemik içerikli şekerleme örneklerinin obezite ile mücadelede de kullanılabileceği anlaşılabilir.

Günümüzde düşük enerji değerine sahip ürünlerin tüketiciler arasında popülerite kazanmasından dolayı yeni ve prebiyotiklerce zenginleştirilmiş mevcut ürünlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Şekerleme yapımında kullanılan 40 dekstroz eşdeğerindeki (DE) glikoz şurubu Konya'daki bir gıda işletmesinden, toz şeker (sakkaroz-Torku markalı) Konya merkezdeki bir marketten, pektin (Andre pektin APA165B) ise Yantai Andre Pektin Ltd. Şti.'den (elma püresi menşeli, E440 kodlu, yüksek metoksilli yavaş ayarlı özellik gösteren) satın alınmıştır. Pektinin şekerleme derecesi 160 ± 7 , pH (%2'lik çözeltide) 4.0-5.0, pH aralığı 3.1-3.8, esterifikasyon derecesi %58-64'tür. %70-80 çözünür katı içerir ve pektin içeriği %50'den fazladır. Mor gıda boyası (E162) Tatlısumak Şekerleme San. ve Tic. Ltd. Şti.'den, doğal ananas aroması Hedefsan Endüstriyel Gıda A.Ş.'den, sitrik asit (Alfasol) ve trisodyum sitrat Kimbiotik Kimyevi Maddeleri San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Çalışmada prebiyotik kaynağı olarak kullanılan inülin (ORAFTI HSI) Artisan Gıda San. Tic. Ltd. Şti.'den, polidekstroz (Fibrelle) Kardel Gıda Pazarlama Ltd. Şti.'den, izomalt Artisan Gıda San. Tic. Ltd. Şti.'den ve eritritol Cargillden temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Kullanılan cihazlar ve kimyasallar

Çalışmada kullanılan kimyasalların önemli bir bölümü Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'nce desteklenen 191319019 nolu proje kapsamında temin edilmiştir. Şekerleme örneklerinin üretimi ve analizleri NEÜ Köyceğiz Kampüsü'nde yer alan Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesis Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. 1 Yumuşak jöle tipi üretimi ve analizinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Cihazlar ve ekipmanlar	Marka ve üretim yeri
Tekstür cihazı	TA-XT plus, stable micro systems Ltd., Surrey, İngiltere
Refraktometre	Atago-Pal Alpha, Japonya
Hassas terazi	Ohaus AX224, İsviçre
Su banyosu	Bandelin RK100H, Almanya
Spektrofotometre	Biochrom Libra S22, İngiltere
Renk ölçüm cihazı	Minolta Co., Osaka, Japonya
Su aktivitesi cihazı	LabTouch-aw Novasina, İsviçre
Etüv	Nüve, Türkiye
pH metre	WTW 3110, Almanya
Termometre	ZEDA TP101, Çin
Otoklav	WiseClave, Germany
Mikrobiyolojik güvenlik kabini	JSCB-1200SB, Kore
İnkübatör	Nüve ES120, Vilnius, Litvanya

3.2.2. Ön Deneme

Pektin bazlı yumuşak jöle tipi şekerlemelerde jel yapının oluşumunda; sakkaroz-pektin oranı, şeker konsantrasyonu ve asitleşme seviyesi gibi parametrelerin kontrolü oldukça önemlidir (Burey ve ark., 2009). Yapılan birçok çalışmada, istenilen jel kıvamının sağlanması için sitrik asit kullanılmıştır (Grétarsdóttir, 2019; Kia ve ark., 2020). Ancak üretilen şekerlemelerin pH'ını hedeflediğimiz seviyede tutmak için sitrik aside ilave olarak trisodyum sitrat da kullanılmıştır. Sitrik asit ve trisodyum sitrat oranını belirlemek adına birçok ön deneme yapılmıştır. Yapılan ön deneme sonuçlarına göre, şekerlemelerin fazla sert, fazla yumuşak ve dişe yapışan formda veya fazla yumuşak kıvamlı olduğu gözlenmiştir.

Çalışmada, ilk olarak tamamen glikoz şurubu, daha sonra tamamen sakkaroz miktarının azaltılması ile jöle tipi yumuşak şekerlemeler üretilmiştir. Üretilen yumuşak şekerlemelerde sakkaroz ve glikoz şurubu ikamesi olarak izomalt, inülin ve polidekstroz kullanılmıştır. Sakkarozun tamamının yerine izomalt ilave edilen şekerlemede istenilen jel yapı oluşmamış ve oda sıcaklığında akışkan bir hal almıştır. Sakkarozun yerine tamamen inülin kullanılan şekerleme örneğinde inülinin tekstür geliştirici özelliği olmasına rağmen kullanıldığı şekerlemelerde fazla sert yapıya neden olmuştur. Polidekstrozun viskozitesinin sakkarozla kıyasla daha yüksek olması hiçbir olumlu ilerleme sağlamamış olup polidekstroz içeren örneğin kalıptan çıkmayacak kadar yumuşak formda olduğu gözlemlenmiştir. Formülasyondan glikoz şurubunun tamamı

yerine ikame maddeleri kullanılarak üretilen şekerleme örneklerinde kıvam bozulmasına ve jelleşme etkinliğinin azalmasına neden olmuştur.

Yumuşak şekerlemelerde kullanılan yüksek metoksilli pektin, sakkaroz varlığında ve düşük pH değerinde jel oluşturabilir. Yüksek metoksilli pektin bazlı jeller için sakkaroz olmadan jelleşme mümkün değildir (Fraeye ve ark., 2010; Jaramillo, Roberts ve Coupland, 2011). Bu nedenle sakkaroz ve glikoz şurubu eşit olarak azaltılarak toplamda %60 oranında azalma yapılarak kullanılmıştır.

3.2.3. Deneme Deseni

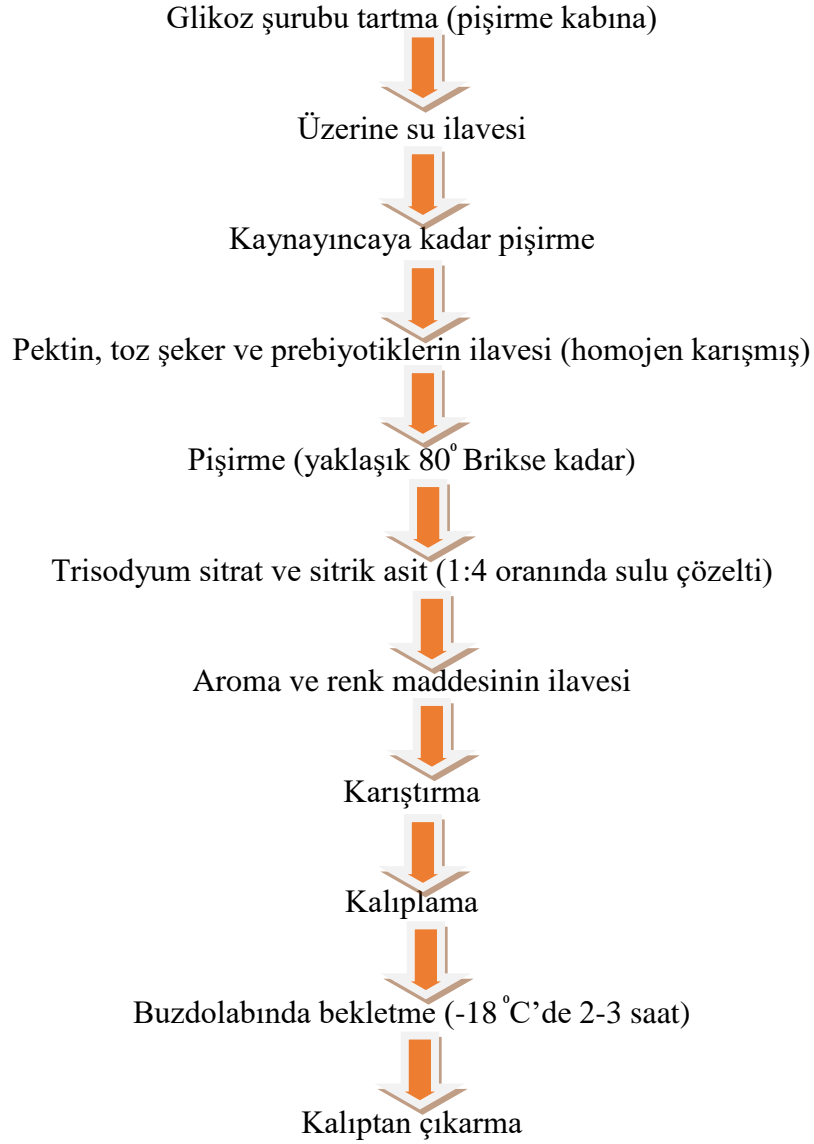
Bu çalışmada, yumuşak jöle tipi şekerlemenin toplam şeker içeriğinin azaltılmasında kullanılan izomalt, inülin ve polidekstroz ikamelerinin %17-60 arasında değişen oranlarda tekli, ikili ve üçlü kombinasyonları Çizelge 3.2'deki deneme deseninde verilmiştir.

Çizelge 3. 2 Çalışmaya ait deneme deseni

Örnek adı	Sakkaroz (%)	Glikoz şurubu (%)	İzomalt (%)	İnülin (%)	Polidekstroz (%)
KONTROL	68	32	-	-	-
İZOMALT	23	17	60	-	-
İNÜLİN	23	17	-	60	-
POLİDEKSTROZ	23	17	-	-	60
İNÜLİN+İZOMALT	23	17	17	43	-
İZOMALT+POLİDEKSTROZ	23	17	17	-	43
İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	23	17	-	30	30
İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	23	17	17	26	17

3.2.4. Yumuşak şekerlemelerin hazırlanması

Yumuşak jöle tipi şekerlemenin hazırlık aşamasında; şeker (sakkaroz), glikoz şurubu, pektin, trisodyum sitrat ve sitrik asit (1:4 oranında sulu çözelti) tartılmıştır ve su eklenmiştir. Şeker ve glikoz şurubu toplam ağırlığının %60'ı kadar izomalt, polidekstroz ve inülin ile ikame edilmiştir. Trisodyum sitrat %0.07, sitrik asit %2.85, aroma maddesi %1.06 ve renk maddesi %0.50 oranında şekerleme karışımı piştikten sonra eklenmiştir. Her bir yumuşak şekerleme örneklerinden iki tekerrürlü olarak üretim yapılmıştır. Yumuşak şekerleme üretim aşamaları Şekil 3.1'de verilmiştir.

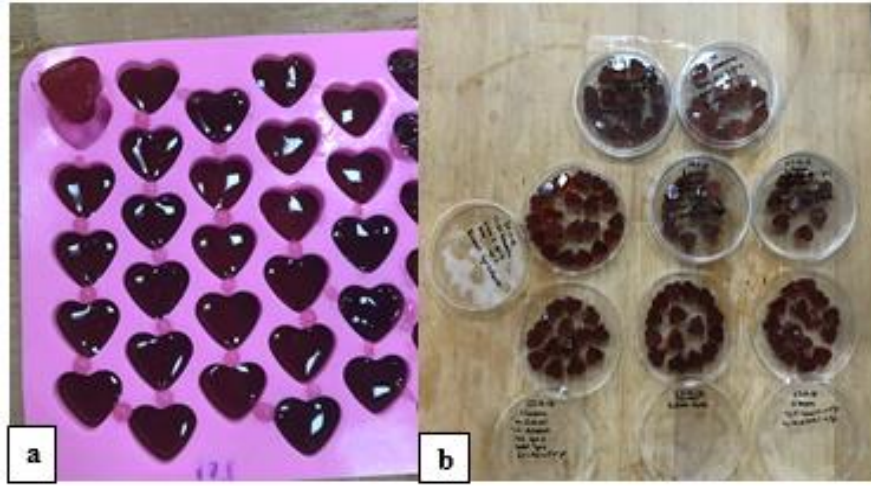


Şekil 3. 1 Yumuşak şekerleme üretimi akım şeması

Yumuşak şekerleme pişirme işlemi için glikoz şurubu, pişirme kabına tartılıp üzerine su ilave edilerek kaynayıncaya kadar karıştırılmıştır. Kaynamaya başladıktan sonra glikoz-su çözeltisine homojen şekilde karıştırılmış pektin, şeker (sakkaroz) ve prebiyotikler katılarak hızlı bir şekilde çözünmesi sağlanana kadar kaynatmaya devam edilmiştir. Prakash ve Priya (2016) ve Tireki (2017)'nin çalışmalarından uyarlanarak şekerleme karışımı yaklaşık 80 °Brikse (°Bx) ulaşıncaya kadar karıştırılmaya devam edilip sonrasında ocaktan alınarak yaklaşık 90 °C'de iken içerisine sitrik asit-trisodyum sitrat çözeltileri, aroma ve renk maddeleri eklenmiştir. Hızlı bir şekilde karıştırılan şekerleme karışımı silikon kaplara dökülerek -18 °C'deki derin dondurucuda 2-3 saat soğumaya bırakılmıştır. Yumuşak şekerleme örnekleri derin dondurucudan alınıp oda sıcaklığına geldikten sonra kalıptan çıkarılmıştır.



Şekil 3. 2 a) Yumuşak şekerlemenin pişirilmesi b) Şekerlemeye asit çözeltisi, renk ve aroma maddelerinin ilavesi



Şekil 3. 3 a) Silikon kalıba dökülmüş yumuşak şekerleme örnekleri b) Kalıptan çıkarılmış şekerleme örnekleri

3.2.5. Analizler

3.2.5.1. Renk tayini

Yumuşak şekerleme örneklerinin renk değerleri Minolta Chromameter CR 400 (MinoltaCo., Osaka, Japan) cihazı kullanılarak L^* , a^* ve b^* cinsinden ölçülmüştür. L^* değeri; siyahtan (0) beyaza (100) kadar örneğin karanlık-aydınlığını, a^* değeri (+) kırmızı ve (-) yeşil ve b^* değeri ise (+) sarı ve (-) mavi renklerini göstermektedir (Konica Minolta, 2007). Cihazın kalibrasyonu, beyaz plakası üzerinin okutulması ile ayarlanması ise CIE Standard Illuminant C'ye göre yapılmıştır. Renk değerleri, şekerleme örneklerinin 10 farklı noktasının yüzeyine dokundurularak ölçülmüş ve bunların ortalaması alınmıştır.

3.2.5.2. Su aktivitesi tayini

Yumuşak şekerleme örneklerinin su aktivitesi (a_w), bir su aktivitesi ölçüm cihazı (LabTouch-aw Novasina, İsviçre) kullanılarak ölçülmüştür. Cihazın içerisindeki bölmeye örnekler küçük parçalar halinde yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. Bu işlem üç paralel olacak şekilde tekrarlanmıştır.

3.2.5.3. Nem tayini

Tartım kapları, sabit tartım için etüvde (Nüve, Türkiye) 135 °C'de 30 dk bekletildikten sonra desikatöre alınarak yaklaşık 45 dk boyunca soğuması beklenmiştir. Soğuyan tartım kaplarının daraları tartılarak kaydedilmiştir. Tartım kaplarına 2.5 gr şekerleme örneği tartılarak 105 °C'ye ayarlanmış etüvde 24 saat süresince kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan örnekler ikinci kez desikatöre alınarak yaklaşık 45 dk soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler tartılarak not edilmiştir. Nem içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Moura ve ark., 2019). Bu işlem üç paralel olacak şekilde tekrarlanmıştır.

$$\% \text{Nem içeriği} = 100 - [(\text{Son tartım-Dara}) / \text{İlk tartım} * 100]$$

3.2.5.4. pH tayini

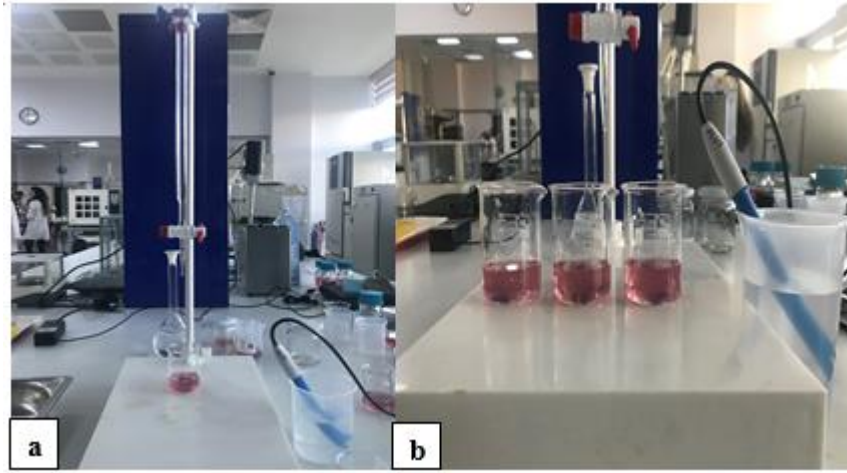
Yumuşak şekerleme örnekleri tartıldıktan sonra üzerine saf su (örnek: saf su, 1:9) ilave edilerek su banyosunda 50 °C ve 240 rpm'de çözüldürülmüştür. Çözelti pH metre (WTW 3110, Almanya) ile 25 °C'de ölçülmüştür. Her örnek için üç kez ölçüm yapılmıştır (Delgado ve Banon, 2014; Verma, 2014).

3.2.5.5. Titrasyon asitliği tayini

Şekerleme örneklerinin titre edilebilir asiditesi, pH tayininde tarif edildiği gibi hazırlanan çözeltinin pH 8.0'a kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmesi ile belirlenmiştir. Her örnek için üç paralel yapılmıştır. Örneklerin titre edilebilir asitliği aşağıda verilen formülasyona göre hesaplanmıştır (Bhat ve ark., 2011).

$$\text{Titre edilebilir asitlik} = [(V_{(\text{NaOH})} \times 0.1 \text{N NaOH} \times 0,064 \times 100) / m]$$

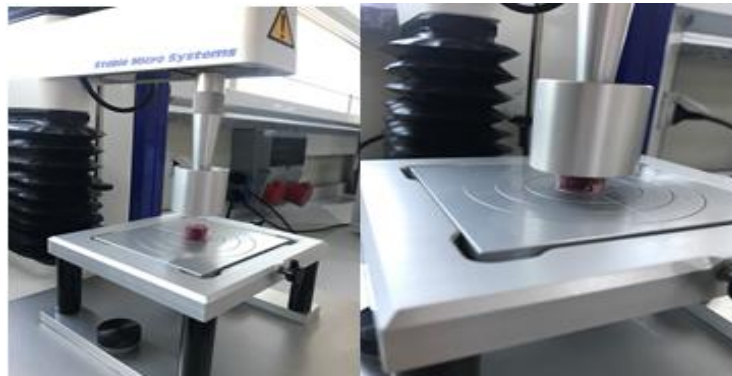
Sitrik asit (meg=0,064)



Şekil 3. 4. a) Şekerleme örneğinin NaOH ile titre edilmesi b) Hazırlanan paralel çözeltiler

3.2.5.6. Tekstür analizi

Yumuşak şekerleme örneklerinin sertlik ve esneklik değerleri, çelik silindirik (P/35R) prob ile donatılmış bir tekstür analiz cihazı (TA-Xt plus, stable micro systems Ltd., Surrey, İngiltere) kullanılarak yapılmıştır. Analiz, oda sıcaklığında test öncesi 1 mm/s, test sırasında 1 mm/s ve test sonrasında 10 mm/s, prob ile numune arasındaki mesafe 10 mm, %20 gerinim ve bu gerinimler arasındaki bekleme süresi 60 s olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Khouryieh ve ark., 2005).



Şekil 3. 5 Şekerleme örneğinin tekstür analizi

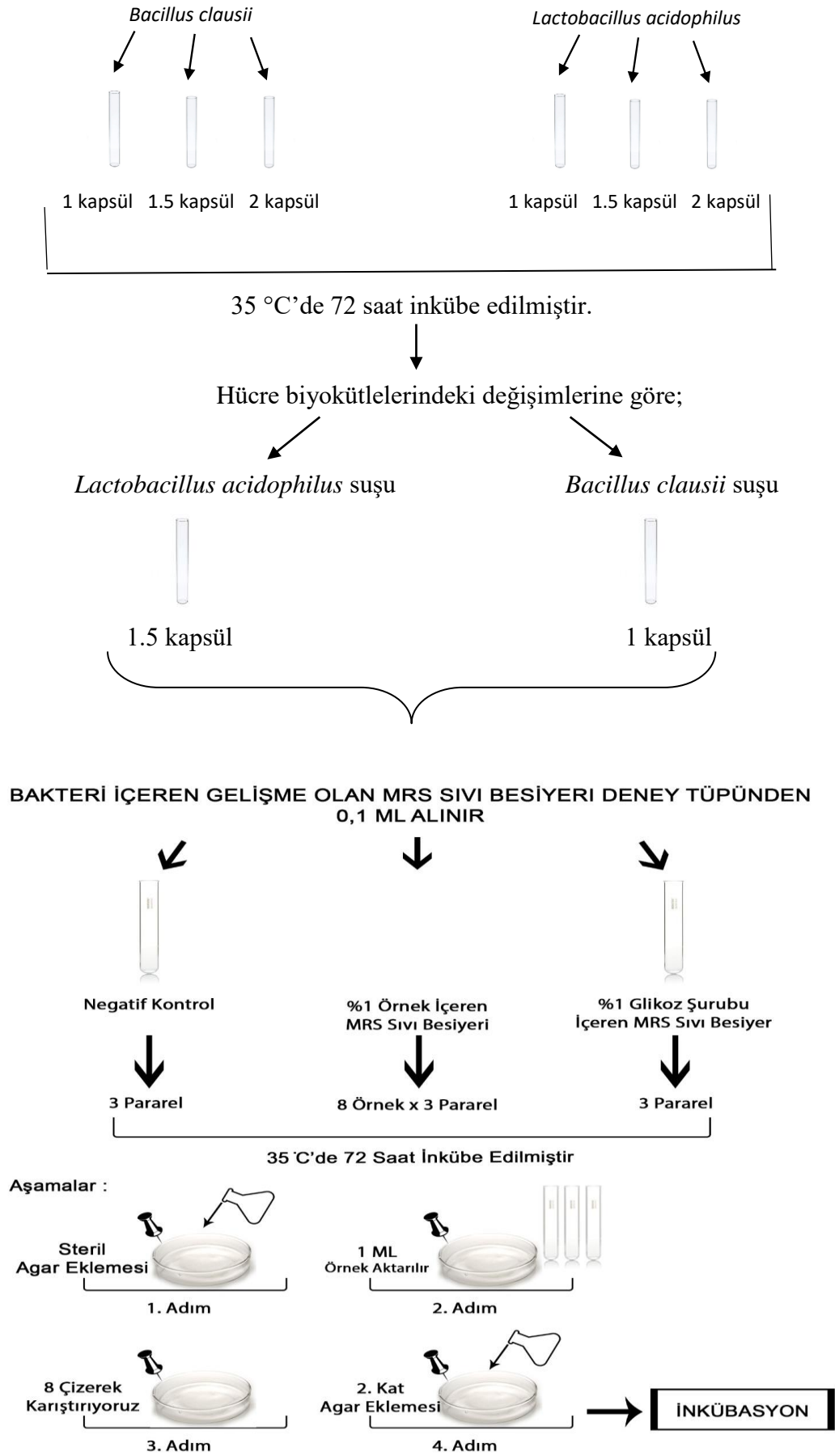
3.2.5.7. Prebiyotik aktivite analizi

Prebiyotik aktivite analizinde kullanılacak olan probiyotiklerin starter kültürlerine ulaşım mali açıdan zor olmuştur. Bu yüzden diyet takviyesi olarak kullanılan, olabildiğince fazla canlı kültür içeren ticari probiyotik ürünler seçilmiştir.

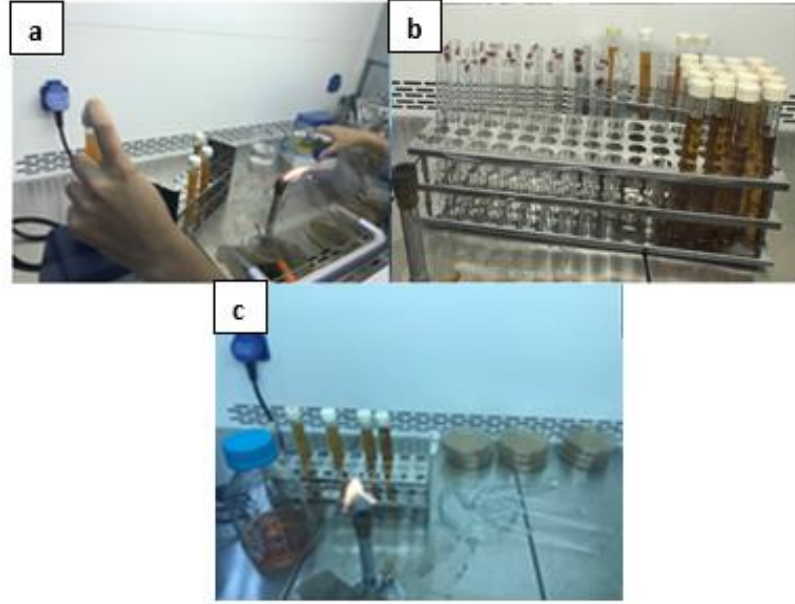
Prebiyotik aktivite gösteren *Bacillus clausii* (Enterogermina, Sanofi, Türkiye) ve *Lactobacillus acidophilus* (Natrol llc, Chatsworth, CA, USA) suşları, diyet takviyesi olan ürünlerden elde edildiği için ilk olarak bu probiyotiklerin hangi oranlarda kullanılacağına karar verilmiştir. Belli miktar MRS sıvı besiyeri (De Man Rogosa and

Sharpe, Merck, Darmstadt, Germany) içeren farklı deney tüplerine farklı oranlarda (1, 1.5 ve 2 kapsül) *Bacillus clausii* ve *Lactobacillus acidophilus* suşlarının eklenmesi ile bu suşların gelişimlerine bakılmıştır. Probiyotikleri içeren deney tüpleri 72 saat 35 °C’de inkübe edilmiştir. Aynı koşullar altında büyüyen probiyotiklerin inkübasyondan sonra hücre biyokütlelerindeki değişimlerine göre prebiyotik aktivite analizinde *L. acidophilus* suşunun 1.5 kapsül (0.42 mg), *B. clausii* suşunun ise 1 kapsül (5ml) kullanılacağı belirlenmiştir.

Önceden hazırlanmış MRS sıvı besiyerine 0.15 gr glikoz şurubu eklenerek %1’lik glikoz içeren ortam elde edilmiştir. Aynı bir deney tüpünde de sıvı besiyerine 0.15 gr şekerleme eklenmesi ile %1’lik örnek içeren ortam oluşturulmuştur. Negatif kontrol olarak karbonhidrat içermeyen (glikoz şurubu veya şekerleme) sadece MRS sıvı besiyeri içeren bir ortam kullanılmıştır. Analiz, üç farklı ortamı içeren 15 ml’lik tüplere her bir probiyotik suşunun 0.1 ml ilave edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. *Bacillus clausii* ve *Lactobacillus acidophilus* suşları anaerobik bir ortamda 72 saat 35 °C’de inkübe edilmiştir. Her suş, test edilen her ortamda üç tekrarlı olarak büyütülmüştür. İnkübasyondan sonra deney tüplerindeki her numune, üç paralel olacak şekilde MRS agar üzerine yayma plak yöntemi ile yayılmıştır. Hazırlanmış ve inkübe edilmiş deney tüplerinin 7. gün sonunda spektrofotometrede (Biochrom Libra S22, İngiltere) 600 nm’de absorbansı okunmuş olup petri kutularında ise koloni sayımı yapılmıştır (Huebner ve ark., 2007).



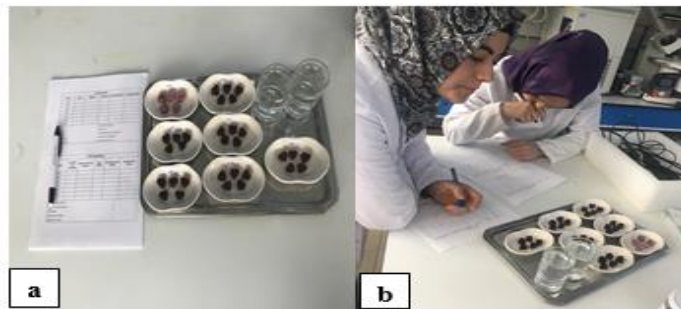
Şekil 3. 6 Prebiyotik aktivite analizi akım şeması



Şekil 3. 7 a) MRS sıvı besiyerine kültür ilavesi b) Kültür içeren sıvı besiyerine şekerleme örneklerinin ilavesi c) Kültürün MRS agar üzerine yayılması

3.2.5.8. Duyusal Analiz ve Satın alınabilirlik Testi

Yumuşak şekerleme örnekleri, rastgele kodlanarak beyaz seramik tabaklara yerleştirilmiş ve panelistlere su ile servis edilmiştir. Örneklerin duyusal analizi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, yüksek lisans ve doktora öğrencilerinin oluşturduğu 10 panelist (23-55 yaş aralığı) tarafından değerlendirilmiştir. Şekerleme örneklerinin renk, görünüş, tat/lezzet, dişe yapışkanlık ve yumuşaklık/sertlik özellikleri ile tüketicilerin ürün satın alınabilirliği de puanlanmıştır (EK 1). Duyusal özellikler 9 puanlı hedonik skalada değerlendirilerek her bir şekerleme örneği için 1-9 arası puan verilmiştir (Pashazadehkellisakandi, 2014). Şekerleme örneklerinin duyusal özellikleri panelistler tarafından puanlandıktan sonra aynı panelistlerden EK1’de bulunan ‘satın alınabilirlik’ testini değerlendirmeleri istenmiştir. Bu değerlendirmede ürün satın alınabilirliği 5 puanlık hedonik skalada puanlanmıştır (1: kesinlikle satın almazdım, 5: kesinlikle satın alırdım) (Meilgaard ve ark., 2006).



Şekil 3. 8. a) Yumuşak şekerleme örneklerinin duyusal analize hazırlanması b) Duyusal analiz yapan panelistler

3.2.5.9. Depolama Analizi

Şeffaf ve hermetik olarak kapatılmış cam kavanozlarda saklanan yumuşak şekerleme örnekleri, 4 °C’de 30 gün süreyle depolanmıştır. Depolamanın 1. günü ve 30. gününde nem, su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, renk, tekstür ve duyu analizi yapılmıştır. Sonuçlar, ortalama değerleri ve standart sapmaları ile rapor edilmiştir (Rivero ve ark., 2019; Miranda ve ark., 2020).



Şekil 3. 9 Depolama analizi için kullanılan yumuşak şekerleme örnekleri

3.2.5.10. İstatistik Analiz

Analizler, 8 örnekten iki tekerrür ve üç paralel halinde 48 numune üzerinden yapılmış olup sonuçlar ortalama değerleri ve standart sapmaları ile rapor edilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş ve farklılıkları istatistik olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan ve LSD testleri ile karşılaştırılmıştır. İstatistik analizi parametrik ve non-parametrik metotlar uygulanarak yapılmıştır. "General linear model multivariate analysis" varyans analizi uygulanarak uygulamalara ve örneklere bağlı farklar ortaya konmuştur. Analizler SPSS 10.0 Windows (v.16) istatistik programı kullanılarak yapılmış olup önem seviyesi $P \leq 0.05$ olarak verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yumuşak jöle tipi şekerleme üretiminde izomalt, inülin ve polidekstroza ek olarak şeker ikamesi olan eritritol kullanılmıştır. Eritritol, formülasyonda sakkaroz ve glikoz şurubunun en fazla %30'u kadar kullanılmıştır. Sonra izomalt, inülin ve polidekstroz ile ikili şekilde kombine edilmiştir. Ancak üretilen şekerleme örnekleri, eritritolün kristallenme özelliğinden dolayı kabul edilebilir tat ve duyuşal nitelikte olmadığı için deneme deseni ve üretime dahil edilmemiştir.

Bu çalışmada; sakkaroz ve glikoz şurubu miktarı azaltılarak yerine izomalt, inülin ve polidekstroz gibi prebiyotiklerin ilave edilmesiyle şeker içeriği ve enerjisi azaltılmış jöle tipi yumuşak şekerlemeler üretilmiştir.



Şekil 4. 1 Yumuşak şekerleme örnekleri

4.1. Nem İçeriği, Su Aktivitesi, pH ve Titrasyon Asitliğine İlişkin Sonuçlar

Çizelge 4.1'de yumuşak jöle tipi şekerleme yapımında ortaya çıkan fizikokimyasal değişimleri saptayabilmek için depolama öncesi ve depolama sonrası gerçekleştirilen nem içeriği, su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Genellikle şekerleme ürünlerinin nem içeriğindeki değişiklikler, kristalleşme, yapışkanlık, tat/lezzet, yumuşaklık ve sertlik gibi ürün kalitesi özelliklerinde önemli farklılıklara yol açmaktadır (Spanenberg ve ark., 2019). Yumuşak jöle tipi şekerleme örneklerinde nem içeriği depolama öncesinde en düşük İzomalt şekerlemesine (22.45 ± 5.92), en yüksek ise İnülin+İzomalt şekerlemesine (33.36 ± 0.44) ait bulunmuştur. Kontrol örneğinin nem içeriği ise 29.73 ± 1.80 olarak hesaplanmıştır. En düşük ve en yüksek nem değerlerini gösteren örneklerin kendi aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$). Depolama sonrasında en düşük nem içeriğini 29.98 ± 5.85 ile İzomalt, en yüksek nemi ise 43.88 ± 1.60 ile Polidekstroz örneği göstermiştir. Bu sonuçlara göre İzomalt depolama boyunca en az nem çeken örneklerden birisi olmuştur. Tatlandırıcı konsantrasyonu, nem içeriği sonuçlarında bir artışa neden olmuştur. Konsantrasyonun artması su tutma kapasitesini düşüreceği ve bu durumun tatlandırıcıların çözünürlüğüyle ilgili olduğu bildirilmiştir (O'Donnell ve Kearsley, 2012). Bu da izomaltın sakkarozaya göre yüksek nem tutma kapasitesiyle ilişkilendirilmiştir. İzomalt, sakkarozaya benzer özelliklerinin yanı sıra düşük enerjili ve higroskopik olmayan şeker alkolüdür (Strater,1986; Strater,1988). İzomaltın düşük higroskopikliği, mükemmel bir raf ömrüne sahip ürünlerin üretilmesine neden olur (Sentko ve Bernard, 2012).

Çizelge 4. 1 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin fizikokimyasal analiz sonuçları

	Formülasyon [‡] (%)	Nem içeriği (%)	Su aktivitesi (a _w)	pH	Titrasyon asitliği (g/mL)
1. Gün	KONTROL	29.73±1.80 ^{abB}	0.81±0.01 ^{§cA}	3.88±0.00 ^{dA**}	0.21±0.03 ^{bA}
	İZOMALT (%60) †	22.45±5.92 ^{bB}	0.84±0.00 ^{abA}	3.96±0.00 ^{aA}	0.34±0.03 ^a
	İNÜLİN (%60)	32.73±0.69 ^a	0.80±0.00 ^{cA}	3.88±0.00 ^{dA}	0.36±0.06 ^{aA}
	POLİDEKSTROZ (%60)	28.79±1.98 ^{abB}	0.84±0.00 ^a	3.96±0.00 ^a	0.41±0.03 ^{aA}
	İNÜLİN+İZOMALT (%43-%17)	33.36±0.44 ^a	0.84±0.00 ^{aA}	3.90±0.00 ^{bA}	0.43±0.08 ^a
	İZOMALT+POLİDEKSTROZ (%17-%43)	32.58±0.26 ^a	0.82±0.01 ^{bcA}	3.86±0.00 ^e	0.21±0.06 ^{bA}
	İNÜLİN+POLİDEKSTROZ (%30-%30)	32.21±0.26 ^a	0.82±0.00 ^{bc}	3.89±0.00 ^c	0.32±0.05 ^{abA}
	İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ (%17-%26-%17)	29.65±0.31 ^{ab}	0.81±0.01 ^c	3.80±0.00 ^{fA}	0.36±0.03 ^a
30. Gün	KONTROL	35.41±2.85 ^{bA}	0.75±0.02 ^{cdB}	3.76±0.01 ^{fB}	0.26±0.05 ^{bcdB}
	İZOMALT (%60) †	29.98±5.85 ^{bcA}	0.77±0.05 ^{bcB}	3.84±0.01 ^{dB}	0.34±0.07 ^b
	İNÜLİN (%60)	34.17±2.60 ^c	0.73±0.01 ^{dB}	3.46±0.00 ^{gB}	0.28±0.05 ^{bcdB}
	POLİDEKSTROZ (%60)	43.88±1.60 ^{aA}	0.84±0.01 ^a	3.88±0.00 ^c	0.25±0.06 ^{cdB}
	İNÜLİN+İZOMALT (%43-%17)	33.70±1.71 ^b	0.80±0.03 ^{abB}	3.79±0.00 ^{eB}	0.42±0.09 ^a
	İZOMALT+POLİDEKSTROZ (%17-%43)	32.34±1.01 ^{bc}	0.78±0.02 ^{bcB}	3.84±0.01 ^d	0.30±0.06 ^{bcB}
	İNÜLİN+POLİDEKSTROZ (%30-%30)	30.45±3.49 ^b	0.80±0.01 ^{ab}	3.92±0.00 ^b	0.20±0.04 ^{dB}
	İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ (%17-%26-%17)	30.10±0.90 ^{bc}	0.80±0.01 ^{ab}	3.94±0.01 ^{aB}	0.30±0.07 ^{bc}

§ortalama ± standart sapma

* Farklı küçük harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

** Farklı büyük harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar depolamadaki farkı göstermektedir (P<0.05)

†Parantez içlerinde glikoz şurubu ve sakkaroz ikamesi olarak Kontrol örneğine ilave edilen bileşenlerin %'delerine yer verilmiştir.

Şekerleme örneklerinin nem içeriği üzerine depolama önemli seviyede etki etmiştir ($P<0.05$). Polidekstroz şekerlemesine ait depolama öncesi nem içeriği 28.79 ± 1.98 iken bu değer depolama sonrası yaklaşık iki katına çıkarak 43.88 ± 1.60 değerine ulaşmıştır. Polidekstroz kimyasal yapısı gereği suda çözünen diğer tatlandırıcılar gibi jel oluşturmamaktadır (Mitchell ve ark., 2001). Polidekstrozun su bağlama yeteneği, pektin gibi hidrokolloidlere kıyasla düşüktür (Meyer ve Blaauwloed, 2009). Bu durum polidekstrozun ortamda serbest su içeriğinin yüksek olduğunu ve şekerleme üretimi sırasında daha fazla suyun buharlaşmış olabileceği ile açıklanabilir. Ayrıca polidekstrozun su bağlamasının yüksek olması serbest hidroksil ucu olduğu anlamına gelmektedir. Hidroksil grubunun artması ile higroskopik özellik doğru orantılıdır. 30 günlük depolama süresi boyunca yüksek metoksilli pektin jellerinin yapısı şekere kuvvetli bir şekilde bağlı olduğu için, şekerin çözünmesi jel yapısını gevşetmiştir. Bu da yapıya daha fazla suyun nüfuz etmesine sebep olmuştur. Bu nedenle, Polidekstroz şekerlemesinin depolama sonrası nem içeriği artmıştır. Bütün bu özelliklerinin yanı sıra düşük tatlılık derecesine sahip polidekstroz ve izomalt nadiren tek başına kullanılırlar. Genellikle istenen tatlılığı elde etmek için diğer yüksek yoğunluklu tatlandırıcılar ile karıştırılarak düşük enerjili bir şeker ikamesi olarak kullanılırlar (Sentko ve ark., 2012). Sonuçlara göre tatlandırıcıların şekerlemede kullanımı nem içeriğinde olumsuz etki oluşturmamış, kabul edilebilir bulunmuştur. Şekerlemelerin üretimi sırasında, numunelerin briksleri kontrol edilmesine rağmen nem içeriğindeki varyasyonlar, erken kristalleşme, yapışkanlık, çiğneme farklılığı, sertlik ve yüzey dokusunda ürün kusurları gibi örnekler arasındaki farklılıklara neden olmuştur.

Arrez ve ark. (2016), karpuz suyunun ilave edildiği yumuşak jöle tipi şekerlemede nem içeriği oranlarını %12.70-15.00 arasında bildirmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada, izomalt, stevia ve maltitol gibi düşük enerjili alternatif tatlandırıcılar ve meyve suyu ile üretilen jelatin bazlı şekerlemenin nem içeriği %28.6-%34.1 aralığında bulunmuştur (Rivero ve ark., 2021). Mutlu ve ark. (2018), sakkaroz yerine balı kullanarak ürettiği jöle şeker şekerlemenin nem içeriği oranlarının %20.05-25.68 arasında değiştiğini bildirmiştir. Karınca (2011), vitamin ve mineraller ile zenginleştirerek üretmiş olduğu yumuşak şekerlemede nem içeriği oranlarını %19.2-19.8 arasında bulmuştur. Martins ve ark. (2015), farklı konsantrasyonlarda şeker ve pektin ile hazırladığı *Spondias mombin* jölelerinin ortam koşullarında depolama sırasında fiziksel ve kimyasal stabilitesini geliştirmeyi ve değerlendirmeyi amaçlamıştır. Yaptıkları çalışmada, cam kaplarda saklanan jöleler, depolamayla birlikte (150 gün)

artan nem davranışı göstermiştir. Araştırmacılar bu durumun pektin, şeker ve sudan oluşan jel yapısının kesintiye uğramasının, su salınımına neden olduğuna ve buna bağlı olarak nemde bir artış olduğunu belirtmiştir. Çalışma sonucunda araştırmacılar, jölelerin üretiminde kullanılan yüksek şeker konsantrasyonunun, düşük şeker ve pektin konsantrasyonuna oranla *Spondias mombin* jölelerinin nem içeriğini önemli ölçüde etkilediğini raporlamıştır.

Lekahena ve Boboleha (2020), sakkarozun yerine sorbitol ve deniz yosunu kullanarak ürettiği jöle tipi yumuşak şekerin nem içeriğinin %20.84-22.98 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmada, en yüksek nem içeriğine (%22.98) kontrol örneği sahipken, en düşük nem içeriğine (%20.84) ise %25 sakkaroz+%75 sorbitol oranı ile üretilen şekerleme örneği sahiptir. Santos ve ark. (2020), düşük enerjili portakal jölelerinin depolama sırasında fizikokimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve biyoaktif bileşiklerinin stabilitesine ambalajlamanın etkisini değerlendirmiştir. Çalışmada ambalajlamanın etkisini belirlemek için şekerleme örnekleri polipropilen ve cam kaplarda depolanmıştır. 30 günlük depolamada jölelerin nemi önemli ölçüde artmış ($P<0.05$), ancak daha sonra stabilize olmuş ve depolama süresinin sonuna kadar bu seviyede kalmıştır. Depolama süresi sonunda en yüksek ortalama nem içeriği cam ambalajda gözlenmiştir. Araştırmacılar, depolama süresinin sonunda gözlenen nem artışına, su moleküllerini serbest bırakan şeker hidrolizinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Şekerlemede su aktivitesi (a_w) depolama sırasında mikrobiyal stabiliteyi, dokuyu ve su geçişini tanımlamak için sıklıkla kullanılan önemli bir parametredir. Suda çözünen moleküllerin sayısına ve boyutuna dayanan ortak bir özellik olan a_w , esas olarak şekerlemelerdeki çözünmüş şekerlerin, poliol gibi tatlandırıcıların, tuzların ve nemlendiricilerin varlığından etkilenmektedir (Ergün ve ark., 2015). Çizelge 4.1'de depolama öncesi a_w değerleri en yüksek Polidekstroz (0.84) ve İnülin+İzomalt (0.84) örneklerinde belirlenirken, en düşük Kontrol (0.81), İnülin (0.80) ve İzomalt+İnülin+Polidekstroz (0.81) örneklerinde belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek a_w değerlerini gösteren örneklerin kendi aralarındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Yüksek çözünürlüğe ve düşük moleküler ağırlığa sahip bileşenler, a_w değerini azaltmada en büyük etkiye sahiptir (Ergun ve ark., 2015). Eşit konsantrasyonlarda polidekstroz, kendisinden daha küçük moleküler ağırlığa sahip olan sakkaroz ve sorbitole göre su aktivitesi üzerinde daha az etkiye sahiptir. Buna rağmen çalışma sonuçlarından elde edilen en yüksek a_w değeri Polidekstroz örneğine aittir. Bu

durum sakkarozun yüksek konsantrasyonlarda kristalize olabilmesi ve bu kristallerin a_w değerini düşürmek için su ile etkileşime girmemesidir. Bu nedenle, polidekstroz gıdalardaki a_w 'ni kontrol etmek için etkili bir şekilde kullanılmıştır. Kontrol örneğinin en düşük a_w değerine sahip olması da bu durumdan kaynaklanmaktadır.

Depolama sonrasında ise örneklerin a_w değerinin 0.73-0.84 arasında değiştiği belirlenerek en düşük a_w değerini İnülin örneği, en yüksek a_w değerini ise Polidekstroz örneği göstermiştir. Kontrol, İzomalt, İnülin, İnülin+İzomalt ve İzomalt+Polidekstroz örneklerinin a_w değerleri depolama sonrasında azalma göstermiştir ($P<0.05$). Literatürde inülinin su bağlama yeteneği, hidrokolloidlere oranla düşük olduğu ancak jel oluşturma özelliğinden dolayı gıda ürünlerinde jelleştirici bileşen olarak da kullanıldığından bahsedilmiştir (Meyer ve Blaauwhoed, 2009; Delgado ve Banon, 2018; Demircan ve ark., 2019). Bu nedenle İnülin örneğinin daha düşük su aktivitesi göstermesi, daha güçlü bir jel ağının oluşmasıyla açıklanmıştır. Bunun yanı sıra a_w 'ndeki azalma İnülin örneğine bağlı sinerisisi geciktirmesi ile de açıklanabilir. İzomalt içeren şekerleme örneklerindeki a_w değerinin gözle görülür şekilde azalması ise izomaltın suyu bağlama yeteneğinin oldukça yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Su aktivitesi değerlerindeki bu azalma polidekstrozun, inülin ve izomaltta göre higroskopitesinin daha yüksek olması ile açıklanmaktadır (Aidoo ve ark., 2014). Bu durum, bazı şeker ikamelerinin jöle tipi yumuşak şekerlemelerde sakkarozun yerini almak için neden popüler olduğunu açıklamaktadır.

Periche ve ark. (2014) çalışmasında, %30 oranında izomaltuloz ve %6-10 gibi farklı jelatin yüzdeleri içeren jölenin a_w 'ni 0.797 olarak bulmuştur. Mutlu ve ark. (2018), sakkaroz yerine bal kullandığı yumuşak şekerleme örneklerinin a_w değerlerini 0.70-0.75 aralığında belirlemiştir. Poçan ve ark. (2019), D-psicose ikamesi kullandıkları jelatin bazlı yumuşak şekerleme örneklerinin a_w içeriğini depolamanın ilk gününde 0.72-0.75 aralığında bulmuş ancak 28 günlük depolama süresi boyunca şekerlerin a_w 'nde azalma gözlemiştir. Samakradhamrongthai ve Jannu (2021), demirhindi meyvesi kullanarak ürettiği yumuşak şekerlemede sakkaroz ikamesi olarak stevia, ksilitol ve mısır şurubunu kullanmıştır. Şekerleme örneklerinin a_w 0.70-0.96 aralığında hesaplanmıştır. Araştırmacılar, en yüksek a_w değerini (0.96) düşük miktarda stevia ve ksilitol içeriğine sahip şekerlemede bulmuştur. En düşük a_w 'ne (0.70) ise yüksek miktarda ksilitol ve mısır şurubu içeren şekerlemelerde rastlanmıştır. Araştırma sonucunda su aktivitesindeki artışın, suyu yüksek oranda emen ve yüksek higroskopite özelliği gösteren ksilitolün artışından kaynaklandığı raporlanmıştır. Mardani ve ark.

(2019), yumuşak şekerlemede jelatini, ksantan ve guar gam ile değiştirmenin şekerlemenin fizikokimyasal, termal, reolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Jelatin içerikli kontrol örneğinin a_w değeri 0.71 iken %100 ksantan içerikli şekerlemenin a_w 0.80 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar genel olarak hem ksantan gam hem de guarın gamın, şekerlemenin nem ve a_w 'ni jelatine kıyasla arttırdığını bildirmiştir. Ancak örnekler arasında en düşük a_w değeri, Ksantan25/guar gam75 numunesi için 0.73 olarak rapor etmiştir. Amjadi ve ark. (2018), betanın yüklü nanolipozomlarla güçlendirilmiş jöle tipi yumuşak şeker üretmiştir. Şekerlemeler %5 ve %10 oranında sadece betanın ve betanın+nanolipozom olarak kombine edilmiştir. Üretilen şekerlemelerin a_w değerleri 0.54-0.68 aralığında bulunmuştur. Çalışma sonucunda, jöle tipi yumuşak şekerlemelerin jel yapılarına nanolipozomların eklenmesiyle hidrojen bağlarının yoğunluğu su aktivitesini azalttığı belirtilmiştir. *Bacillus coagulans*, acai meyvesi ve çarkıfelek meyvesi eklenerek fonksiyonel şeker üretimin amaçlandığı bir çalışmada 90 günlük depolamanın ardından yumuşak şekerlemenin a_w 'si 0.71-0.73 değerleri arasında bulunmuştur (Miranda ve ark., 2020).

Yumuşak şekerleme örneklerinin depolama öncesi pH değerleri 3.80-3.96 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.1). En yüksek pH değeri İzomalt ve Polidekstroz örneklerine ait iken en düşük değer ise İzomalt+İnülin+Polidekstroz örneğine ait bulunmuştur. Depolamadan sonra örneklerin pH değerleri 3.46-3.94 arasında belirlenmiştir. Örnekler arasından en yüksek değeri İzomalt+İnülin+Polidekstroz, en düşük değeri ise İnülin göstermiştir. Kontrol, İzomalt, İnülin ve İnülin+İzomalt örneklerinin pH değerlerinde depolama sonrasında azalma gözlenmiştir ($P<0.05$). Şekerleme örneklerinde farklı oranlarda kullanılan izomalt, inülin ve polidekstroz ikame maddeleri, depolama öncesi ve sonrasında örneklerin pH değerleri üzerine kabul edilebilir düzeyde etki etmiştir. Yapılan bir çalışmada, yumuşak şekerleme örneklerinin pH değerinin 3.35 ile 3.39 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Khouryieh ve ark., 2005). Su ve ark. (2021), jelatin ve nişasta bazlı yumuşak şekerlemelere havalandırma işlemi tatdan ödün vermeden sakkaroz ve aromayı azaltmayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda havalandırılmış yumuşak şekerlemelerin pH'sı 3.90-3.92 aralığında bulunmuştur. Ventura ve ark. (2013) ise nar suyu jölesinin pH'sını 3.65-4.29 arasında belirlemiştir. Delgado ve Banon (2018), jöle tipi yumuşak şekerlemede jel oluşumuna yardımcı madde olan nişastayı inülin ile değiştirmenin jöle şekerlemelerin dokusu, rengi ve aroması üzerine etkisini incelemiştir. Nişasta içerikli yumuşak şekerin pH değeri 3.46 iken inülin içerikli şekerlemenin pH'sı 3.22 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, pH

değerlerindeki farklılığı esas olarak sitrik asit konsantrasyonuna bağlamışlardır. pH değerine bağlı ekşilik bu tür yumuşak şekerlerin tadına bakarken ağızda ilk baskın his olmuştur. Pişmiş nişastadan daha nötr tadı olan inülinin yapısı gereği jöle aromasını açıkça artırdığı ve bu hissiyatı baskıladığı raporlanmıştır.

Çalışmalarda pH değerini istenilen seviyelerde tutmak için genellikle sitrik asit ilave edilmiştir (Chethana, 2004; Delgado ve Banon, 2014; Lele ve ark., 2018; Rivero ve ark., 2021). Bu çalışmada sitrik asit ve trisodyum sitrat oranlanarak kullanılmıştır. Örneklerimizin pH aralığı literatürle uyumlu bulunmuştur.

Birçok gıdada asitlerin; renk, tat, aroma ve tekstür oluşumu üzerindeki etkilerini ve ayrıca gıdaların depolanmaya dayanıklılıklarını belirlemek amacıyla asitlik tayini yapılmaktadır. Çizelge 4.1’de verilen yumuşak jöle tipi şekerleme örneklerinin titrasyon asitliği sonuçları 0.21-0.43 g/mL aralığında hesaplanmıştır. Bu aralıktaki en düşük değer Kontrol ve İzomalt+Polidekstroz örneklerine ait bulunmuştur ($P>0.05$). İzomalt (0.34 g/mL), İnülin (0.36 g/mL), Polidekstroz (0.41 g/mL) ve İnülin+İzomalt (0.43 g/mL) örnekleri ise en yüksek titrasyon asitliği değerlerinde belirlenmiştir ($P>0.05$). Depolama sonrasında İnülin+İzomalt örneği (0.42 g/mL) en yüksek, İnülin+Polidekstroz örneği (0.20 g/mL) ise en düşük titrasyon asitliği değerini göstermiştir. Depolama; Kontrol, İnülin, Polidekstroz, İzomalt+Polidekstroz ve İnülin+Polidekstroz örneklerinin titrasyon asitliği değerinde azalamaya neden olmuştur.

Durrani ve ark. (2010), farklı konsantrasyonlarda (%0.1 ve 0.5) potasyum metabisülfid ve sodyum benzoat gibi koruyucular ile birlikte elma posasının kullanıldığı bazlı yumuşak şekerlemelerin fizyokimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışmada, yumuşak şekerlemeler koruyucular ile korunmuş ve oda sıcaklığında 90 gün depolanmıştır. Çalışma sonucunda, depolama süresi ve koşullarının elma posası içeren yumuşak şekerlemelerinin titre edilebilir asitliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($P<0.05$). Depolama öncesi titrasyon asitliği %0.29-%0.33 aralığında hesaplanmıştır. Araştırmacılar, depolama sırasında şekerleme örneklerinin titre edilebilir asitliğinde bir artış olduğunu bildirmiştir. Bu artışın, pektinin parçalanarak pektenik aside dönüşmesinden kaynaklanıyor olabileceği rapor edilmiştir. Depolama sırasında maksimum artış kontrol örneğinde (%35.48) ve ardından % 0.1 potasyum metabisülfid içeren örnekte (%34.48), minimum artış ise % 0.5 potasyum metabisülfid + %0.5 sodyum benzoat katkılı şekerlemede (%25.80) gözlenmiştir. Verma (2014), *Pyrus pyrifolia* meyvesini kullanarak düşük enerjili pektin bazlı jöle tipi yumuşak şekerleme üretmiştir. Çalışmada, yumuşak şekerlemede kullanılan *Pyrus*

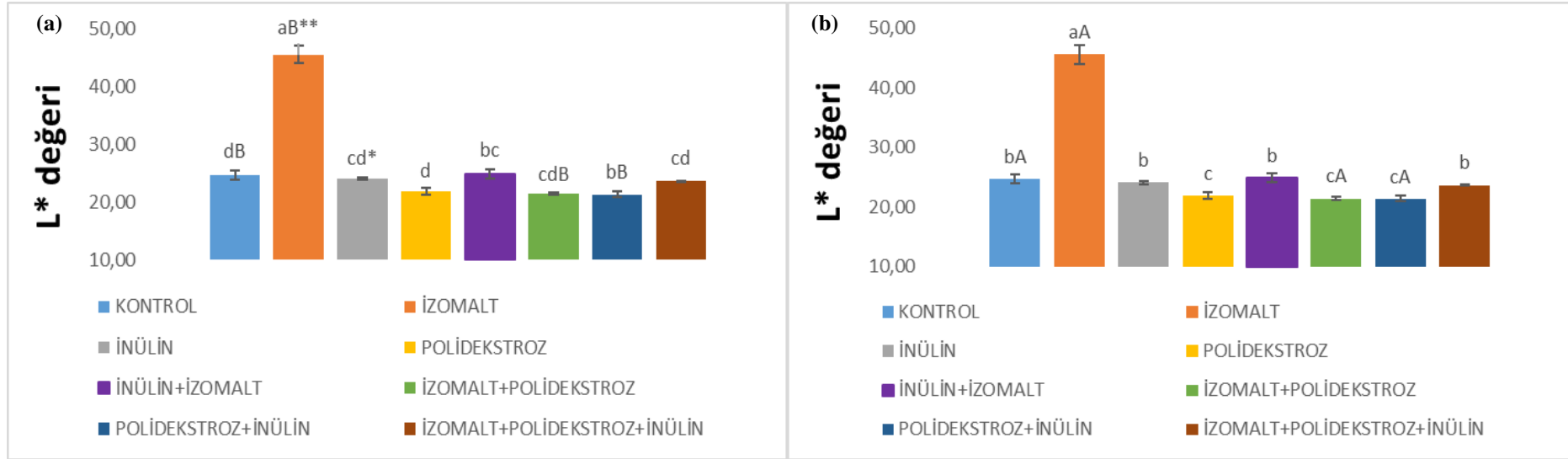
pyrifolia meyvesinde farklı olgunlaşma aşamalarının şekerlemenin fiziko-kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, asitliğin %0.64 ile %1.536 değerleri arasında olduğu gözlenmiştir. *Pyrus pyrifolia* meyvesinin ilk titre edilebilir asitlik değeri %0.38 hesaplanmış ancak 30 günlük depolamadan sonra bu değer değişmemiştir. Şekerlemeler 180 gün depolandıktan sonra hafif bir artış (%0.46) gözlenmiş olup değişiklikler önemsiz kabul edilmiştir ($P>0.05$).

Daniela ve ark. (2013), Goji meyvelerini kullanarak jelatin bazlı yumuşak şekerleme üretmiştir. Şekerlemelerin titrasyon asitliği 10 günlük depolama süresi boyunca % 0.21, %0.22 ve %0.23 olarak hesaplanmıştır. Benzer bir çalışmada ise, jöle tipi yumuşak şekerlemelere farklı oranlarda fruktooligosakkarit ve yaban mersini eklenmiştir. Böylelikle şekerlemelerde duyu özellikleri etkilemeden şeker seviyesini düşürmek ve jölenin antioksidan özelliğini artırmak amaçlanmıştır. Çalışmada, titre edilebilir asitlik %0.487 ile %0.624 değerleri arasında hesaplanmıştır. Şekerlemelerde kullanılan yaban mersini oranının artmasıyla birlikte şekerlemelerin antioksidan seviyesi artmış ve buna bağlı olarak titre edilebilir asitlik değerinin arttığı bildirilmiştir (Prakash ve Priya, 2016).

4.2. Renk Analizine İlişkin Sonuçlar

Renk, gıda maddelerinin görünümünde önemli bir rol oynamaktadır. Gıdaların rengi, tat algısını ve son olarak da gıdanın kabulünü önemli ölçüde etkileyen bir kalite parametresidir. Çalışmada yumuşak jöle tipi şekerlemelere depolama öncesi ve 30 gün depolama sonrasında renk analizi yapılmış ve numuların L^* , a^* ve b^* değerleri Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilmiştir. Şekil 4.2a'da depolama öncesinde şekerleme örneklerin L^* değerlerine bakıldığında İzomalt örneğinin parlaklığı en yüksek bulunmuştur. Polidekstroz, İzomalt+Polidekstroz ve Polidekstroz+İnülin örneklerinin parlaklığı ise en düşük düzeyde belirlenmiştir ($P>0.05$). Kontrol örneği ile İnülin, İnülin+İzomalt ve İzomalt+İnülin+Polidekstroz örnekleri arasındaki L^* değerleri farkı ise istatistiki olarak önemsiz olarak bulunmuştur ($P>0.05$). 30 günlük depolama sonrasında İzomalt en yüksek L^* değerine sahipken, Kontrol ve Polidekstroz örnekleri en düşük L^* değerinde bulunmuştur (Şekil 4.2b). Depolama; Kontrol, İzomalt, İzomalt+Polidekstroz ve Polidekstroz+İnülin örneklerinin parlaklığında önemli seviyede azalmaya neden olmuştur ($P<0.05$). İzomaltın tek başına ilavesi, örneklerin parlaklığında artışa neden olurken diğer ikamelerle beraber kullanımı parlaklık değerinde azalmaya yol açmıştır.

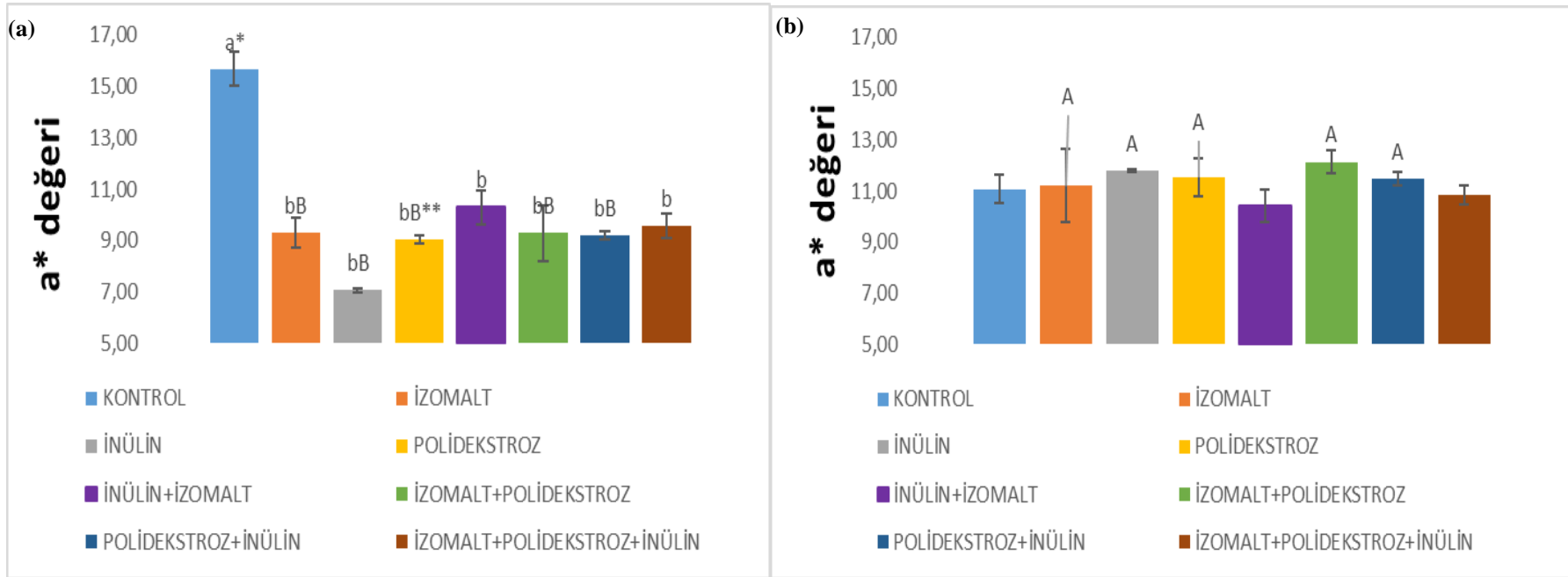
Şekil 4.3a'da şekerleme örneklerinin depolama öncesi a^* (yeşillik-kırmızılık) değerlerine bakıldığında Kontrol örneğinin (15.68) kırmızı renge daha hakim olduğu belirlenirken, diğer örneklerin kırmızılık değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($P>0.05$). 30 günlük depolama süresi sonunda ise örneklerin a^* değerlerinde anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P<0.05$) (Şekil 4.3b). Poçan ve ark. (2019), jelatin bazlı yumuşak şekerleme örneklerine sakkaroz yerine D-psicose ikamesini kademeli olarak artırması sonucunda, örneklerde artan bir kırmızımsı rengin hakim olduğunu belirlemiştir.



* Farklı küçük harfle işaretlenmiş olarak gösterilen örnekler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$)

** Farklı büyük harfle işaretlenmiş olarak gösterilen örnekler depolamadaki farkı göstermektedir ($P < 0.05$)

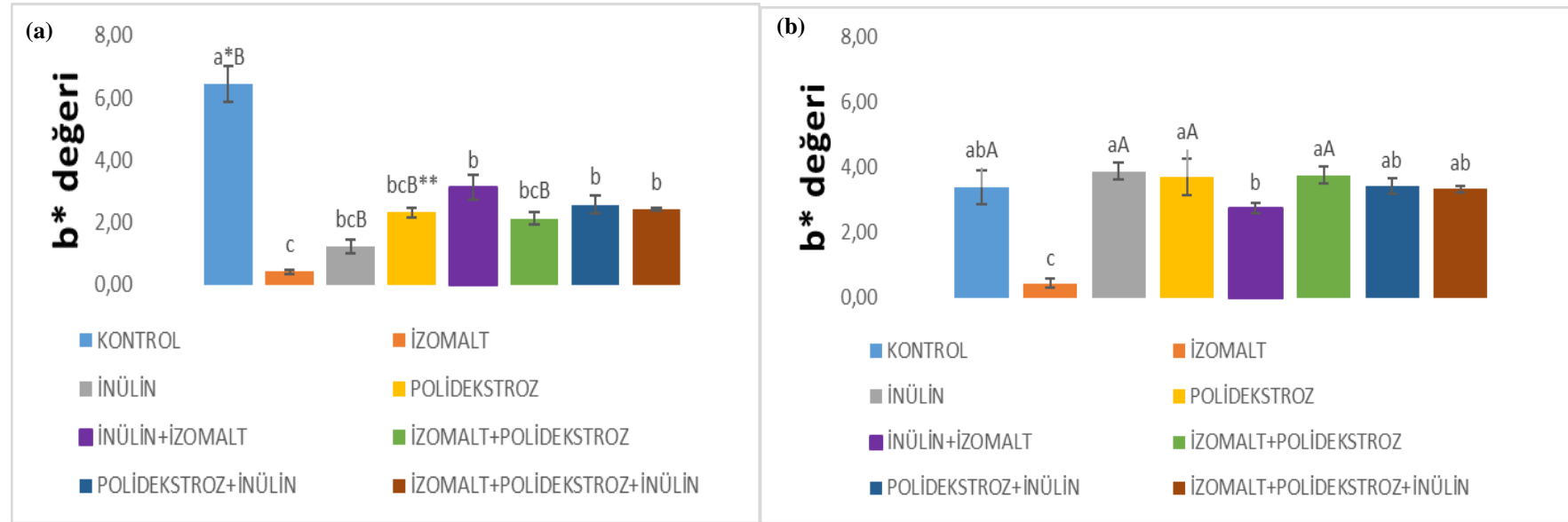
Şekil 4. 2 Renk analizinde ölçülen L* değerleri **(a)** Depolamanın 1. Günü, **(b)** 30 gün depolama sonrasında



* Farklı küçük harfle işaretlenmiş olarak gösterilen örnekler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$)

** Farklı büyük harfle işaretlenmiş olarak gösterilen örnekler depolamadaki farkı göstermektedir ($P < 0.05$)

Şekil 4. 3 Renk analizinde ölçülen a* değerleri (a) Depolamanın 1. Günü, (b) 30 gün depolama sonrasında



* Farklı küçük harfle işaretlenmiş olarak gösterilen örnekler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

** Farklı büyük harfle işaretlenmiş olarak gösterilen örnekler depolamadaki farkı göstermektedir ($P<0.05$)

Şekil 4. 4 Renk analizinde ölçülen b* değerleri (a) Depolamanın 1. Günü, (b) 30 gün depolama sonrasında

Şekil 4.4a'da depolama öncesinde örneklerin b^* (mavilik-sarılık) değerlerine bakıldığında ise Kontrol (6.45) örneği en yüksek değere sahip bulunmuştur. 30 günlük depolama sonunda ise İnülin (3.89) en yüksek b^* değerine sahip şekerleme örneği olmuştur (Şekil 4.4b). İzomalt örneğinin değeri (0.45) ciddi bir oranda düşmüştür. Kontrole şeker ikamesi olarak eklenen diğer tatlandırıcı ve prebiyotik bileşikler ise b^* değerinde genel olarak önemli bir fark oluşturmamıştır ($P>0.05$).

Santos ve ark. (2020), portakal içeren düşük enerjili yumuşak şekerleme örneklerinin polipropilen ve cam gibi farklı ambalajlarla paketlemenin depolamaya etkisini incelemiştir. Depolama sonrasında şekerleme örneklerinin parlaklığı (L^*) her iki ambalajda da azalma eğilimi göstermiştir. Polipropilen ambalajda saklanan örneklerin, cam ambalajda saklananlara göre daha düşük L^* değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Örneklerin a^* değeri depolama sırasında stabil iken depolama süresinin sonunda artma eğilimi göstermiştir ($P<0.05$). a^* değerlerinin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları nedeniyle her iki ambalajda da saklama sırasında artma eğiliminde olduğu düşünülmüştür. Depolama sırasında, her iki ambalajdaki jölelerin b^* değerinde azalma olmuştur. Bu azalma, jelin formüle edildiği meyve bazındaki bileşiklerin bozulmasına bağlı olabileceği bildirilmiştir. Gök ve ark. (2020), yumuşak jöle tipi şekerleme örneklerinde glikoz şurubu yerine maltitol kullanımı sonucu örneklerin L^* değerlerinde önemli artış gözlerken, hacim artırıcı olarak sakkaroz ve buğday lifi kullanımında ise L^* değerleri arasındaki farkı önemsiz bulmuştur ($P>0.05$). Farklı seviyelerde manitol kullanımı ile numunelerin a^* değerlerinin azaldığını belirlenmiştir. Maltitol ve/veya çözünür buğday lifi kullanımında ise b^* değerlerini daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada Kurt ve ark. (2021), jelatin bazlı yumuşak jöle tipi şekerleme üretiminde glikoz şurubu ve yapay katkı maddelerinin yerini alması için doğal şeker içeren üzüm, dut ve keçiboynuzu pekmezini değerlendirmiştir. Jelatin oranı artmasına rağmen renk parametrelerinde üzüm ve dut pekmezi arasında benzerlikler tespit edilmiştir. Ancak yumuşak şeker üretiminde keçiboynuzu tercih edildiğinde önemli farklılıklar gözlenmiştir ($P<0.05$). Araştırmacılar, keçiboynuzu pekmezi bazlı şekerlemelerin diğer örneklere göre daha yüksek L^* , a^* ve b^* değerlerine sahip olduğunu ve bu değerlerin jelatin oranı ile düştüğünü belirtmişlerdir. Otálora ve ark. (2019), jelatin bazlı yumuşak şekerlemelere doğal renklendirici katkı maddesi olarak kapsüllenmiş betalainler eklemiştir. %30 oranında betalain içeren yumuşak şekerlemenin 30 gün depolama sonrasında, a^* değerlerinde bir düşüş gösterdiği ve hatta numunelerin 0. günden daha az kırmızı

olduğu belirtilmiştir. Şekerlemelerin L^* ve b^* değerleri, formülasyonda kullanılan betalain miktarı ile doğru orantılı değişerek depolama boyunca sabit kalmıştır. Renklendirici ve antioksidan bir ajan kaynağı olarak kırmızı pancar özü ile zenginleştirilmiş jöle tipi yumuşak şekerleme üretilmesi amaçlanan bir çalışmada, pektin ve jelatin jölelerine kırmızı pancar ekstresi ilavesi a^* değerini arttırırken, L^* ve b^* değerlerinde negatif bir ivme göstermiştir (Kia ve ark., 2020).

4.3. Tekstür Analizine İlişkin Sonuçlar

Sertlik, yumuşaklık ve çiğneme özellikle jelleşmiş şekerlemelere uygulanabilen tekstür tanımlayıcılardır (Borwankar, 1992). Çizelge 4.2’de yumuşak jöle tipi şekerleme örneklerinin sertlik ve esneklik değerleri üzerine izomalt, polidekstroz ve inülin ilavesinin ve depolamanın etkisi gösterilmiştir.

Sertlik, jölelerin ilk ısırıkta deforme olması için gereken maksimum kuvvet ile doğru orantılıdır. Şekerleme örneklerinin üretimin hemen sonrasında yapılan sertlik analizi sonuçları 220.10-347.10 aralığında tespit edilmiştir. 30 gün süre ile 4 °C’de depolanan örneklerin sertlik değerleri ise 227.81-340.18 aralığında bulunmuştur. İnülin örneği sertlik değeri 347.10 ile en yüksek değere sahip olmuş olsa da depolama sonrasında hesaplanan sertlik değeri ile karşılaştırıldığında anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir ($P>0.05$). İnülin+Polidekstroz şekerlemesinin üretim sonrasında ölçülen sertlik değeri ile depolama sonrası ölçülen sertlik değeri karşılaştırıldığında, şekerlemenin sertliği 320.18’den 276.14 değerine düşmüştür. Kontrol numunelerindeki sertlik, inülin ve polidekstrozun birlikte kullanılması ile artmıştır. Şekerlemeye ilave edilen inülin ve polidekstrozun beraber kullanımının sertliliği artırması, sinerjik etki göstermesi ile açıklanabilir. Şeker ikamesi olarak kullanılan izomaltın hem tek başına hem de diğer tatlandırıcılarla kombine edilerek kullanımı jöle tipli yumuşak şekerin ağ yapısına daha fazla heterojenlik sağlamıştır ve böylece daha düşük sertlik değerlerine ulaşmasında katkıda bulunmuştur. İzomaltın çok iyi su bağlaması, jel matrisinde pektinin jelleşmesini önleyecek suyun bulunmasına neden olur. Bu yüzden izomalt katkılı şekerlemelerin sertlik değerlerinde genellikle azalma gözlenmiştir.

Poçan ve ark. (2019), sakkaroz yerine farklı oranlarda D-psicose ilave ettiği jelatin bazlı yumuşak şekerleme örneklerinin sertlik değerlerinin, D-psicose oranının artmasıyla azaldığını belirlemiştir. Bu durumun D-psicose’un higroskobik özelliğinden kaynaklandığı ortaya koyulmuştur. Örneklerin 28 günlük depolanmaları sonucunda ise sertlik değerlerinde önemli bir azalma gözlenmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4. 2 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin tekstür analiz sonuçları

Tekstür analizi			
	Örnek adı	Sertlik (g)	Esneklik
1. Gün	KONTROL	262.31±72.92 [§]	51.43±2.67 ^c
	İZOMALT	248.59±45.75	39.71±2.99 ^{dA**}
	İNÜLİN	347.10±115.63	51.57±3.92 ^c
	POLİDEKSTROZ	323.09±39.22	57.23±1.85 ^a
	İNÜLİN+İZOMALT	327.30±67.26	54.10±2.84 ^b
	İZOMALT+POLİDEKSTROZ	220.10±73.01	57.14±2.39 ^a
	İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	320.18±98.48 ^A	54.94±1.92 ^{ab*}
	İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	278.92±38.78	50.03±1.29 ^c
30. Gün	KONTROL	250.03±72.75 ^{ab}	51.86±2.99 ^b
	İZOMALT	227.81±110.22 ^b	31.40±2.85 ^{cB}
	İNÜLİN	340.18±37.26 ^a	51.65±3.77 ^{ab}
	POLİDEKSTROZ	310.56±73.21 ^{ab}	57.36±2.02 ^a
	İNÜ+İZO	313.01±65.27 ^{ab}	53.98±2.84 ^{ab}
	İZOMALT+POLİDEKSTROZ	232.18±70.11 ^{ab}	56.89±2.59 ^{ab}
	İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	276.14±98.01 ^{abB}	55.16±1.98 ^{ab}
	İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	271.91±37.72 ^{ab}	51.13±1.58 ^b

[§]Ortalama ± standart sapma

* Farklı küçük harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

** Farklı büyük harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar depolamadaki farkı göstermektedir (P<0.05)

Tyapkova ve ark. (2014), karyojenik olmayan ve düşük glisemik özelliklere sahip pektin bazlı şekerlemelerde sakkaroz yerine şeker alkolü (eritritol) kullanmışlardır. %0.04 ve %0.12 (h/h) oranlarında kalsiyum sitrat eklenerek şekerlemelerin dokusal özellikleri ve lezzet salımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, eritritol ve %0.04 kalsiyum sitrat konsantrasyonu içeren şekerlemelerin sertliği azalırken eritritol ve %0.12 kalsiyum sitrat konsantrasyonu içeren şekerlemelerin sertliği artmıştır. Araştırmacılar, bu artışın eritritolün hidroksil grupları ile kalsiyum sitratın sinerjistik etkisine bağlamışlardır.

Cai ve ark. (2017), farklı konsantrasyonlarda (%1,3,5,10,20) ksilitol ve stevia gibi düşük enerjili tatlandırıcıların kullanıldığı jelatin bazlı yumuşak şekerlemelerin fizyokimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, düşük konsantrasyonlarda (%3-5) ksilitol ilavesi, jel mukavemetini arttırmıştır. Bu nedenle ksilitol içeren yumuşak şekerlemelerde sertlik, stevia içeren şekerlemelere göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Stevia içeren şekerleme örneklerinde konsantrasyon arttıkça şekerlemenin sertlik değeri de artmıştır ($P<0.05$). Araştırmacılar, ksilitol konsantrasyonunun, daha yüksek konsantrasyonlarda bile jel dokusu üzerinde çok az etkisinin olduğunu ve ksilitolün, jöle tipi yumuşak şekerlemelerde sakkarozun yerini alabilecek potansiyelde düşük enerjili bir tatlandırıcı olduğunu bildirmiştir. Bu hipotez ksilitolün çok sayıda (OH) grubuna ve yüksek çözünürlüğe sahip olması ile desteklenmiştir. Sonuçlar, ksilitol ilavesinin yumuşak şekerlemelerde steviadan daha fazla potansiyel uygulamaya sahip olabileceğini göstermiştir.

Esneklik, jöle tipli yumuşak şekerlemelerde önemli bir parametredir. Şekerleme üretiminin hemen sonrasında yapılan esneklik analiz sonuçları 39.71-57.23 aralığında değişkenlik göstermiş ve en yüksek değer Polidekstroz örneğine ait bulunurken, en düşük değer ise İzomalt örneğine ait bulunmuştur. Kontrol örneğine (51.43) sadece izomalt ilavesi esneklik değerinde azalmaya neden olmuştur ($P<0.05$). Kontrol, İnülin ve İzomalt+İnülin+Polidekstroz örneklerinin esneklik değerleri arasındaki farklılık ise önemsiz olarak kabul edilmiştir ($P>0.05$). 30 günlük depolama sonrasında ise yumuşak şekerleme örneklerinin esneklik analiz sonuçları 31.40-57.36 aralığında tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca sadece İzomalt örneğinin esneklik değeri anlamlı olarak azalmıştır ($P<0.05$). Bu azalmanın izomaltın pektinin jelleşme kabiliyetini engelleyebilmesinden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Bu çalışmada inülin içeren yumuşak şekerleme örneklerinin esneklik değerlerinde fark olmamıştır. Şekerleme konsantrasyonundaki polidekstroz artışının örneklerin esnekliğini arttırdığı ve şeker

yerine tamamen polidekstroz kullanıldığında şekerlemelerin en yüksek esnekliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, polidekstrozun şeker ikamesi olarak kullanımı sonucu yumuşak şekerlemede hacim ve nem sağlama gibi iki temel özelliklerinden kaynaklandığı varsayılmaktadır.

Rubio-Arreaez ve ark. (2017), izomaltuloz, oligofruktoz ve tagatoz tatlandırıcılarını ilave ettikleri narenciye sulu jöle örneklerinin esnekleri değerleri arasından en düşüğünü %50 izomalt-%50 oligofruktoz örneği olarak belirlemiştir. Ge ve ark. (2021), yumuşak şekerlerde hidrokolloidlerin, asitlerin ve besin maddelerinin jelatin ağı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada inülinin jelatin ağıyla nasıl etkileşime girebileceğini araştırmak için formülasyonda kullanılan şeker ve mısır şurubu yerine ağırlıkça yaklaşık %64 oranında inülin kullanılmıştır. Çalışma sonunda, inülin içerikli şekerlemenin sadece jelatin ile üretilen şekerlemeye göre esnekliği 10 kat daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar bu durumu, inülinin doğası ve formülasyondaki jelatine oranı nedeniyle jel ağı üzerinde sinerjistik etkisine bağlamışlardır. İnülini jelatin bazlı yumuşak şekerlere dahil etmek, inülin ve jelatin arasındaki hidrojen bağıyla jel ağını güçlendirmiştir. Bir başka çalışmada, nişasta ve pektin kullanılarak üretilen şekerlemelerin saklama stabilitesinin karşılaştırılması incelenmiştir. Taze şekerlemelere kıyasla 8 haftalık depolama sonunda oda sıcaklığında ve 4 °C' de depolanan nişasta şekerlemeleri için sertlik ve çiğneme özelliklerinde önemli bir artış olduğu belirtilmiştir. Oda sıcaklığında 2 ay süreyle depolanan pektin jölesinin sertliğinde önemli düşüş olmuştur. 4 °C'de saklandığında pektinin çiğnenmesi önemli ölçüde değişmediği kaydedilmiştir. Her iki koşulda da depolanan iki ürün için de esneklikte önemli bir değişiklik olmamıştır (Shi,2016).

4.4. Prebiyotik Aktivite Analizine İlişkin Sonuçlar

Fruktooligosakkaritler, inülin, galaktooligosakkaritler ve diğer ilgili karbonhidratlar, konağa sağladığına inanılan sağlık yararları nedeniyle büyük ilgi görmektedir. Bu prebiyotik karbonhidratlar, "kolondaki bir veya sınırlı sayıda bakterinin büyümesini ve/veya aktivitesini seçici olarak uyararak konakçı sağlığını faydalı bir şekilde etkileyen sindirilemeyen gıda bileşenleri" olarak tanımlanır (Gibson ve Roberfroid, 1995).

Prebiyotik aktivite, belirli bir substratın, glikoz gibi prebiyotik olmayan bir substrat üzerindeki büyümesini destekleme yeteneğini yansıtır (Huebner ve ark., 2007). Yüksek prebiyotik aktivite değerine sahip substratlar, probiyotik bakterilerin

büyümesini daha iyi destekler. Bu nedenle, prebiyotikler üzerinde büyütülen suşların hücre yoğunlukları, glikoz üzerinde büyütülen suşların hücre yoğunluklarına göre çok düşük olmalıdır. Buna göre belirli bir oligosakkaridin prebiyotik aktivite değeri, herhangi bir suşa göre belirlenebilir (Huebner ve ark., 2007; Figueroa-González ve ark., 2019).

Çizelge 4. 3 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin prebiyotik aktivite analizi sonuçları

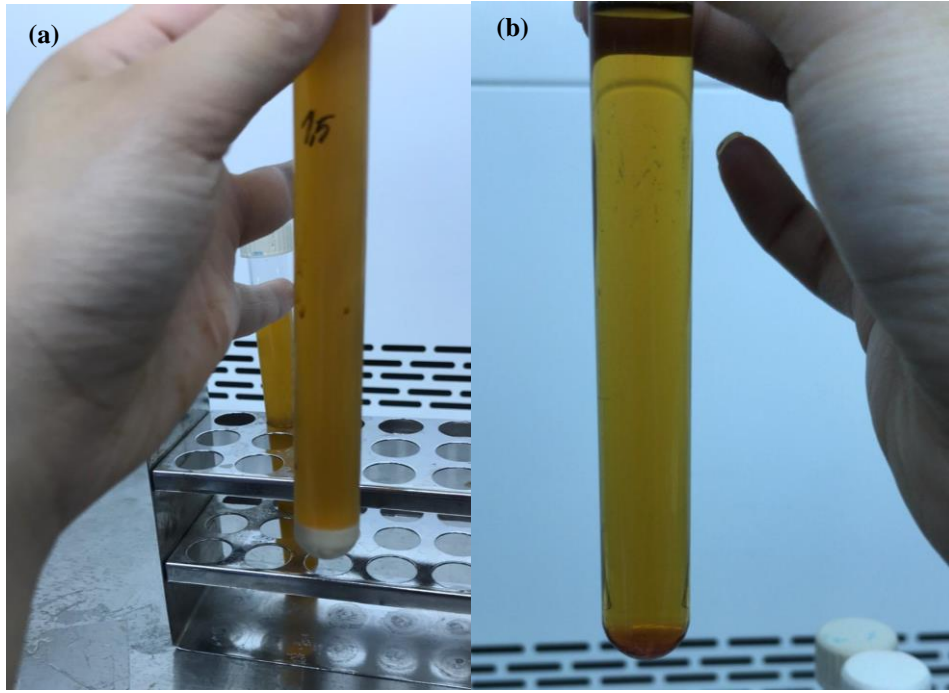
	Örnek adı	Absorbans		Kob (Koloni oluşturan birim)	
		<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Bacillus clausii</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Bacillus clausii</i>
PREBİYOTİK AKTİVİTE 7.GÜN	KONTROL	0.481±0.000 [§]	0.446±0.004 [§]	0.08x10 ²	-
	İZOMALT	0.487±0.000	0.442±0.001	0.02x10 ²	-
	İNÜLİN	0.599±0.001	0.904±0.000	0.19x10 ²	17x10 ²
	POLİDEKSTROZ	0.731±0.000	0.789±0.000	15x10 ²	20x10 ²
	İNÜLİN+İZOMALT	0.665±0.000	0.325±0.000	16.7x10 ²	-
	İZOMALT+POLİDEKSTROZ	1.069±0.000	0.565±0.000	17x10 ²	-
	İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	1.078±0.000	0.567±0.000	220x10 ²	-
	İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	0.993±0.001	0.628±0.000	3.2x10 ²	0.04x10 ²
	GLİKOZ	0.487±0.000	0.446±0.004	1.55x10 ²	-
	NEGATİF KONTROL*	0.599±0.001	0.442±0.001	0.18x10 ²	-

[§]ortalama ± standart sapma

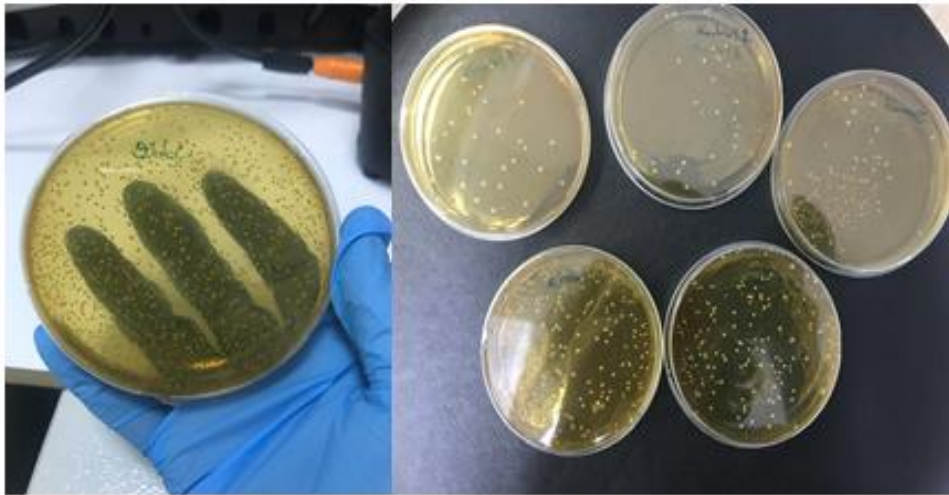
*Negatif Kontrol: Sadece MRS sıvı besiyeri içeren deney tüpüne her bir prebiyotik suşunun %1 (hacim/hacim) ilave edilmesiyle hazırlanmıştır.

Yumuşak jöle tipi şekerlemelerde yapılan prebiyotik aktivite analizinde iki farklı probiyotik suşu kullanılmıştır. Bu analizin amacı, *Lactobacillus* ve *Bacillus* suşlarının hangi prebiyotik şekerleri kullanarak ifade ettiğini ölçmektir. Bu suşlar şekerleme örneklerinde ayrı ayrı gelişmiştir. *Lactobacillus acidophilus* kullanılarak yapılan prebiyotik aktivite analizinin 7. gün sonunda 600 nm’de ölçülen absorbands sonuçları, 0.481-1.078 nm aralığında hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). En düşük absorbands değeri 0.481 nm ile Kontrol örneğine ait iken en yüksek absorbands değeri ise İnülin+Polidekstroz örneğine ait bulunmuştur. Absorbans ölçümünün yanı sıra koloni sayımı da yapılmıştır. *Lactobacillus acidophilus* suşlarının koloni sayımı $0.02-220 \times 10^2$ kob aralığında yapılmıştır. Absorbans değeri ile kob sayısı doğru orantılı olarak artmıştır. Analizde kullanılan bir diğer probiyotik suş ise *Bacillus clausii*’dir. *B. clausii* kullanılan numunelerin 7. gün sonunda 600 nm’de ölçülen absorbands sonuçları, 0.325-0.904 nm aralığında, koloni sayıları ise $0.04-20 \times 10^2$ kob aralığında belirlenmiştir. *Bacillus clausii* suşları kullanılarak hazırlanan numunelerden sadece İzomalt+İnülin+Polidekstroz (0.04×10^2 kob), İnülin (17×10^2 kob) ve Polidekstroz örneklerinde (20×10^2 kob) gelişme gözlenmiştir.

L. acidophilus suşundaki inülin ve polidekstrozun sinerjistik etkisi *B. clausii* suşunda görülmemiştir. *Bacillus clausii*, prebiyotiklerin karışımlarından ziyade sade kullanımlarında etkili olmuştur. Analiz sonuçlarına göre en umut verici örnek polidekstroz içeren örnek olmuştur. Çünkü polidekstroz her iki suşta da olumlu sonuçlar vermiştir. Bir prebiyotiğin etkinliği hedeflenen organizmalar tarafından seçici olarak fermente edilebilmesine ve büyümesini destekleyebilmesine bağlıdır. Bu analiz sonuçlarına göre sadece *Lactobacillus acidophilus* suşu hedefleniyorsa polidekstroz ve inülin beraber kullanılması, *Lactobacillus* ve *Bacillus* suşları hedefleniyorsa bu iki prebiyotiğin ayrı kullanılması önerilmiştir. Bu çalışmada, probiyotik ve prebiyotik bileşen kombinasyonları değerlendirilerek başta süt ürünleri olmak üzere diğer gıdalarda da sinbiyotik kullanımlar için bir temel oluşturulmuştur.



Şekil 4. 5 MRS sıvı besiyerinde a) gelişme olan b) gelişme olmayan deney tüpleri



Şekil 4. 6 Şekerleme örneklerinin koloni sayımı

Miranda ve ark. (2020), juçara ve çarkıfelek posaları ile *Bacillus coagulans* GBI-30 6086 içeren bir jelatin şekerlemesi üreterek 90 gün boyunca depolamıştır. Depolama sonrası *B. coagulans* sayımları, 0.64×10^2 kob/g'dan daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle probiyotik segmentinde yenilikçi ürünlerin geliştirilmesinde kullanılacağı ortaya konulmuştur.

Figuroa-González ve ark. (2019), probiyotik olarak kullanılan bazı laktobasil suşlarının, ticari probiyotikleri fermente etme yeteneğini araştırmak ve probiyotik aktivite değerini tahmin etmek amacı ile çalışma yapmıştır. Ticari olarak kullanılan beş farklı probiyotik bakteriyi izole ederek, üç çeşit probiyotiğin fermantasyon yeteneklerini değerlendirmişlerdir. Probiyotik aktivite değeri dikkate alınarak yapılan çalışma

sonucunda en yüksek değer Oligomate 55'te *Lactobacillus rhamnosus* iken, bu parametrelere göre en düşük değer Frutafit'te *Lactobacillus casei* olarak belirtilmiştir. Araştırmacılar, probiyotiklerin, prebiyotikleri karbon kaynağı olarak kullanabildiklerini raporlamışlardır.

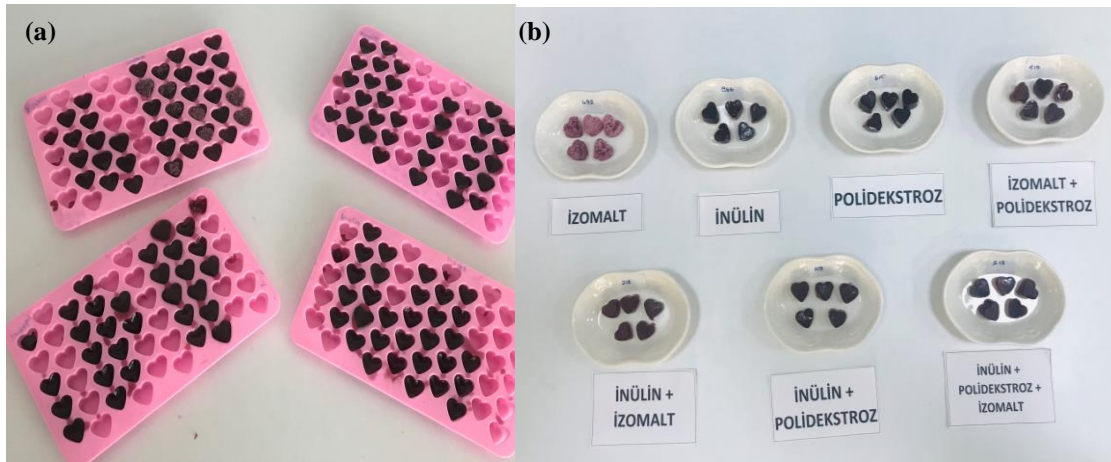
Bir çalışmada, prebiyotik olarak keten tohumunun probiyotik olarak ise *Leuconostoc mesenteroides* suşunun kullanıldığı sinbiyotik bir bitter çikolata üretimi amaçlanmıştır. Çalışmada, keten tohumunun prebiyotik içeriği (diyet lifi), *Leuconostoc mesenteroides*'in büyümesi için destekleyici bir ortam olmuştur. Araştırmacılar, bu sinbiyotik bitter çikolataları, probiyotik kültürün canlılığı açısından kontrol etmişlerdir. Probiyotik kültürün, 4 °C'de saklanan sinbiyotik çikolatalarda altı ay, 30 °C'de saklananlar da ise 15 gün boyunca canlılığını koruduğu gözlenmiştir (Waghmode ve ark., 2020).

Bartkiene ve ark. (2017), yumuşak şekerlemelerde probiyotik laktik asit bakterisi (LAB) suşlarının ve bunların kombinasyonlarının antimikrobiyal özelliklerini geliştirmeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Elde edilen sonuçlarda, en yüksek antimikrobiyal aktiviteler *Thymus vulgaris*, *Eugenia caryophyllata* ve bunların emülsiyonları (%12) tarafından gösterilmiştir. Antimikrobiyal yumuşak şekerleme üretimi için bileşenlerin en iyi formülasyonu *Thymus vulgaris* veya *Eugenia caryophyllata*'yı içermiştir. Çalışmanın sonucunda, mandalina veya greyfurt içeren yumuşak şekerleme formülü, arzu edilen antimikrobiyalleri içeren, iyi doku ve yüksek genel kabul edilebilir ürünler elde edilmesini sağladığı raporlanmıştır.

4.5. Duyusal Analiz ve Satın Alınabilirlik Testine İlişkin Sonuçlar

Duyusal analiz, süreç geliştirme ve yeniden formülasyon çalışmalarında kritik bir öneme sahiptir (Sarabandi ve ark., 2019). Özellikle, yeniden formülasyon çalışmalarında kullanılan yeni bileşenler, ikame edilenlerle aynı duyusal etkileri sağlamalıdır (Di Monaco ve ark., 2018). Şekerli besinlerin aroma algısı ve özellikleri ile dokusu arasında güçlü bir ilişki vardır. Tüketim sırasında gıda ürünü ilk olarak, tükürük ile seyreltme, ağız sıcaklığı ve çiğneme aktivitesi gibi çevresel parametrelerle değiştirilir. Böylece bu etkenler, yiyeceği yutmadan önce aroma ve tat moleküllerinin daha fazla salınmasına neden olabilir (Buettner ve Beauchamp, 2010; Saint-Eve ve ark., 2011). Genel olarak aroma, parçalanma hızı ile ilişkili olarak daha yumuşak jellerde daha güçlü algılanabilmektedir (Delgado ve Bañón, 2018). Ek olarak, tatlı ve ekşi

aromalar, zayıf ve yapışmayan jellerden daha hızlı salınırken, güçlü ve yapışkan jellerde ise yapıya daha sıkı tutunur (Delgado ve Bañón, 2018).



Şekil 4. 7 Yumuşak şekerlemelerde (a) Depolamanın 1. Günü, (b) 30 gün depolama sonrasında

Çizelge 4.4’de yumuşak jöle tipi şekerleme örneklerinin duyu analizi sonuçlarına yer verilmiştir. Şekerleme örneklerinin üretim sonrası renk değerlendirmesinde Polidekstroz örneği (8.7) en yüksek puanı alırken, İzomalt örneği (1.1) ise en düşük puanı almıştır. Kontrol örneğine sadece izomalt ilavesi hariç diğer ikamelerin eklenmesi renk beğenisini arttırmıştır. Depolama sonrası rengi en çok beğenilen örnek Kontrol (6.6) olurken, en az beğenilen örnek ise İzomalt (0.5) olmuştur. Depolama sonucunda örneklerin renk değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Şekerleme örneklerinin görünüş değerlendirmesinde en beğenilen şekerleme örneği Polidekstroz (8.8) olurken, en az beğenilen örnek ise İzomalt (1.0) olmuştur. Kontrol örneğine sadece izomalt eklenmesi görünüş beğenisi azaltırken, izomalt ile polidekstrozun birlikte eklenmesi ise bu beğeniyi artırmıştır. Kontrol örneğine izomalt, inülin ve polidekstrozun birlikte ilavesi görünüş beğenisini azaltmıştır. Depolama sonrasında görünüşü en beğenilen örnek Kontrol olurken, en az beğenilen ise İzomalt örneği olmuştur. Depolama faktörü şekerleme örneklerinin görünüş olarak beğenisini azaltmıştır. Çalışmada %60 izomalt kullanımı, yumuşak jöle örneklerinin yüzeyinde kristalleşmeye ve pürüzlülüğe neden olarak tüketiciler arasında beğenilmemiştir.

Çizelge 4. 4 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin duyu analizi sonuçları

		Renk	Görünüş	Tat/Lezzet	Dişe yapışkanlık	Yumuşaklık/sertlik
1. Gün	KONTROL	7.8±1.1 ^{§bA}	8.2±1.2 ^{abA}	7.6±1.3 ^{ab}	7.6±0.8 ^{ab}	4.4±1.2 ^{bc}
	İZOMALT	1.1±1.3 ^c	1.0±1.3 ^d	4.1±2.3 ^c	6.2±3.0 ^{bA}	4.0±2.34 ^{bc}
	İNÜLİN	8.3±0.8 ^{abA}	8.1±1.5 ^{ab*A}	8.6±0.5 ^{Aa}	8.0±1.7 ^a	4.2±2.7 ^{bc}
	POLİDEKSTROZ	8.7±0.5 ^{aA}	8.8±0.6 ^{aA}	6.7±1.9 ^{bA}	8.3±0.8 ^{aA}	4.1±2.1 ^{bc}
	İNÜLİN+İZOMALT	8.4±0.7 ^{abA}	7.3±1.5 ^{bcA}	7.4±1.5 ^{abA}	8.3±0.9 ^{aA}	6.6±2.1 ^{aA}
	İZOMALT+POLİDEKSTROZ	8.4±0.7 ^{abA}	8.5±1.2 ^{abA}	7.6±1.3 ^{abA}	8.2±0.9 ^{aA}	5.0±2.9 ^{ab}
	İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	8.3±0.7 ^{abA}	6.5±1.6 ^{cA}	7.0±1.9 ^{abA}	7.6±1.9 ^{ab}	2.7±1.5 ^{cB}
İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	8.2±0.6 ^{abA}	7.5±1.2 ^{bcA}	7.2±1.7 ^{abA}	7.9±0.8 ^{aA}	4.9±2.3 ^{abc}	
30. Gün	KONTROL	6.6±1.2 ^{aB}	6.9±1.7 ^{aB**}	7.5±1.0 ^a	7.3±1.1 ^a	4.0±1.7 ^{ab}
	İZOMALT	0.5±0.7 ^d	0.0±0.00 ^d	3.7±2.4 ^c	4.8±2.5 ^{bB}	4.5±1.5 ^{ab}
	İNÜLİN	6.5±1.3 ^{abB}	6.5±0.9 ^{abB}	6.7±1.4 ^{Ab}	7.2±1.0 ^a	4.9±1.1 ^a
	POLİDEKSTROZ	5.7±1.4 ^{abcB}	5.5±1.4 ^{bcB}	5.1±1.2 ^{bB}	5.9±1.4 ^{abB}	4.2±1.0 ^{ab}
	İNÜLİN+İZOMALT	4.9±1.0 ^{cB}	4.6±1.1 ^{cB}	5.3±1.2 ^{bB}	6.1±0.9 ^{abB}	4.9±1.5 ^{aB}
	İZOMALT+POLİDEKSTROZ	5.7±1.8 ^{bcB}	5.9±1.7 ^{bcB}	5.4±1.0 ^{bB}	6.1±2.1 ^{abB}	4.3±2.3 ^{ab}
	İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	5.8±1.1 ^{abcB}	5.3±1.1 ^{bcB}	5.4±1.2 ^{bB}	6.0±1.1 ^{abB}	3.4±1.6 ^{bA}
İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	4.8±1.4 ^{cB}	5.1±1.6 ^{cB}	4.8±1.3 ^{bcB}	5.5±1.9 ^{bB}	4.4±1.9 ^{ab}	

§ ortalama ± standart sapma; Toplam panelist sayısı 10 (23-55 yaş); 0= çok kötü, 9=mükemmel

* Farklı küçük harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

** Farklı büyük harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar depolamadaki farkı göstermektedir (P<0.05).

Şekerleme örneklerinin üretiminin hemen sonrasında yapılan tat/lezzet değerlendirmesinde en beğenilen şekerleme İnülin örneği (8.6 puan) iken en az beğenilen ise İzomalt örneği (4.1 puan) olmuştur. İzomalt şekerlemesi ağızda kumluluk hissi bırakmıştır. Tatlandırıcı ve prebiyotik olarak Kontrol örneğine eklenen İzomalt ve Polidekstroz numunesi Kontrolün değerini değiştirmeyerek 7.6 puanı ile aynı değeri korumuştur. Bir ay depolama sonrası yapılan tat/lezzet değerlendirmesinde örnekler 3.7 ile 7.5 değerleri arasında puan almıştır. İzomalt+Polidekstroz ve İnülin+Polidekstroz şekerlemelerinde kullanılan polidekstroz oranlarının farklı olmasına rağmen iki şekerleme de tat/lezzet açısından aynı puanı (5.4) almıştır.

Şekerleme örneklerinde incelenen dişe yapışkanlık değerlendirmesinde 8.3 puan ile en yüksek değeri İnülin+İzomalt şekerlemesi almıştır. En düşük puanı ise 6.2 ile İzomalt şekerlemesi almış ve dişe en çok yapışan örnek olmuştur. Polidekstroz şekerlemesinin dişe daha az yapışması beğeniye arttırmıştır. Depolama sonrasında dişe yapışkanlık değerlendirmesinde puan aralığı 4.8 ile 7.3 olarak değişmiştir. İzomalt+İnülin+Polidekstroz şekerlemesinde depolama sonrası dişe yapışkanlığının artması daha az beğenilmesine neden olmuştur

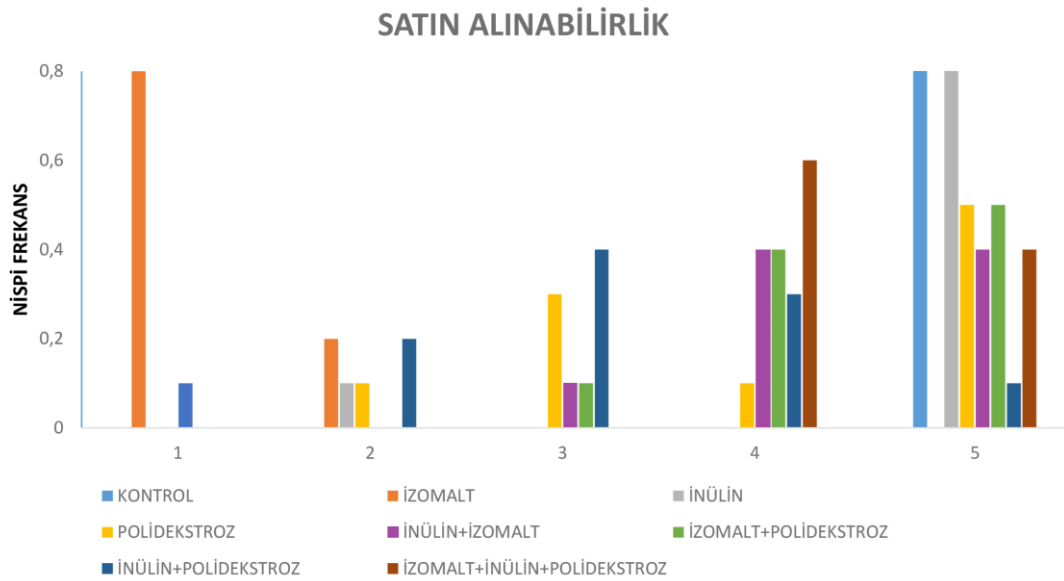
Son olarak şekerleme örneklerinde incelenen yumuşaklık/sertlik değerlendirmesinde 6.6 puanı ile en sert şekerleme İnülin+İzomalt olurken 2.7 değeri ile en yumuşak şekerleme ise İnülin+Polidekstroz olmuştur. İki örnekte de inülin ortak kullanılan tatlandırıcı olsada kullanılan miktar ve oluşturdukları sinerjik etki önemli rol oynamıştır.

İzomalt, inülin ve polideskstrozun tekli kullanılması ile üretilen şekerlemelerde, İzomalt şekerlemesi 4.0 puan ile en düşük değeri alırken Kontrol örneği en yüksek puanı (4.6) almıştır. Depolama sonrası yapılan değerlendirmede İzomalt örneği 4.5 puanını almıştır. Bu artış izomaltın nem çekme özelliğinden dolayı depolama boyunca yumuşaklığını korumasından ileri gelmiştir.

Yumuşak jöle tipi şekerleme örneklerinin satın alınabilirlik testi sonuçlarına Şekil 4.8'de yer verilmiştir. Bu test sonucuna göre tüketicilerin %90'ı İnülin şekerlemesini 'Kesinlikle satın alırdım' olarak tercih ederken, yine aynı tüketicilerin %80'i İzomalt şekerlemesini 'Kesinlikle satın almazdım' olarak değerlendirmiştir. Bunun sebebi %60 İzomalt içeren yumuşak şekerlemelerin yüzeyinde, fazla nem çekmeye bağlı olarak oluşan pürüzlülüğün neden olduğu olumsuz görünüş bozukluğu olmuştur. İzomaltın bu kimyasal yapısına rağmen polidekstroz ile kullanımı sonucu üretilen şekerleme

örneklerini tüketicilerin %50'si kesinlikle tercih ederken %40'ı 'Muhtemelen satın alırdım', geri kalan %10'u ise çekimser kalarak 'Emin değilim' olarak tercih etmiştir.

İzomalt, İnülin ve Polidekstrozun üçlü kombinasyonları ile üretilen yumuşak şekerlemelerde tüketicilerin %60'ı 'Muhtemelen satın alırdım' diyerek şekerlemelerin ağızda kumluluk hissi vermediğini ve tatlılık seviyesinin gayet yerinde olduğunu belirtmiştir. Bu yüksek seviyedeki beğeni polidekstroz ve inülinin kristalleşmeyen yapısı sayesinde elde edilmiştir.



Şekil 4. 8 Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin satın alınabilirlik sonuçları

Nispi Frekans: kategori seçen panelist sayısı/toplam panelist sayısı (10) Kategori 1: Kesinlikle satın almazdım, 2: Muhtemelen satın almazdım, 3: Emin değilim, 4: Muhtemelen satın alırdım, 5: Kesinlikle satın alırdım.

De Avelar ve ark. (2020), jöle şekerleme üretiminde soğukta jelleşmenin sürdürülebilir performansı ve bu durumun şekerlemenin duyu kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Duyusal olarak değerlendirilen tüm parametreler için kabul edilebilirlik puanları "kayıtsız" ve "orta derecede beğendim" arasında yer almıştır. Bu çalışmaya göre, soğukta jelleşen ve geleneksel olarak üretilen pektin jölelerinin duyu özellikleri benzer bulunmuştur.

Rivero ve ark. (2019), bal ve propolis içeren yüksek antioksidan kapasiteli ve lezzetli yumuşak şekerlemeler geliştirmiştir. Geliştirilen yumuşak şekerlemelerin potansiyel kabul edilebilirliğini değerlendirmek için duyu bir çalışma yapmışlardır. Buna göre, bu jölelerin rengi en çok kabul gören özellik olup tüketicilerin %88'i tarafından beğenilmiştir. Öte yandan, yapışkanlık tüketicilerin %66'sı tarafından çok

düşük beğeni alırken, diğer özellikler için net bir eğilim olmamıştır. Tüketicilerin yalnızca %5.4'ü balı sevmediklerini belirterek ürünü beğenmemiştir. Satın alma testi ile elde edilen sonuçlar da ise katılımcıların %45'i yenilikçi bir ürün olduğu için "Ben alırım" cevabını, %29'u balı sevmedikleri için 'almam' cevabını verirken %26'sı ise "belki" cevabını vermiştir. Altınok ve ark. (2019) çalışmalarında, üzüm posasından elde edilen farklı tane boyutlarındaki üzüm çekirdeği ve kabuğu tozunun jelatin içeren yumuşak şekerlerin duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada, büyük partikül boyutlu üzüm türevi bileşenlerin kullanılması bazı örneklerde çığnenebilirliği düşük olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, üzüm kökenli bileşenler kısmi şeker ikamesi olarak kullanıldığından, şeker miktarının jelatin fonksiyonları üzerindeki etkisinin dikkate alınması gerektiği raporlanmıştır. Miranda ve ark. (2020), probiyotik bir *Bacillus coagulans* ile juçara ve çarkıfelek posalarını içeren jöle şekerlemelerinde 0 ve 90. gün sonunda duyuşal ve satın alınabilirlik değerlendirmesi yapmışlar ve örneklerin mükemmel kabul edilebilirliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. *B. coagulans* ile geliştirilmiş jöle şekerlerin satın alma açısından tatmin edici olduğunu böylelikle örneklere juçara ve çarkıfelek posası karışımının yanı sıra probiyotik eklenmesinin de formülasyonuna olumlu katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Bir başka çalışmada, jelatin ve izomaltulozun sakızlı jöle şekerlemelerin kimyasal ve duyuşal kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada kabul edilebilirlik değerlendirmesine %40 ve %100 izomalt, %9 ve %15 jelatin içeren jöle tipli yumuşak şekerlemeler girmiştir. %40 jelatin ve %15 izomalt içeren sakızlı jöle duyuşal özellikler açısından en düşük puanlara sahip olmuştur. %100 izomalt içeren şekerleme örneği ürünleri için tüm özelliklerin beğenilme değeri, %40 izomalt içeren şekerleme örneğinden daha düşük olarak belirlenmiştir. İzomaltın daha yüksek konsantrasyonlarından kaynaklanan kristalizasyon, örneklerin tekstür ve genel kabul edilebilirliğinde azalmasına neden olmuştur (Jiamjariyatam, 2018).

4.6. Enerji Değeri Hesaplama Sonuçları

Geleneksel şekerlemeler, fazla kilolu veya obez kişiler, diyabetli kişiler, hiperglisemi ve benzerleri tarafından tüketilmesi için uygun bulunmayan ve yüksek miktarda sakkaroz içeren ürünlerdir. Kandaki şeker seviyesini kontrol etmek veya kilo almak istemeyen tüketiciler için, sakkarozun düşük bir miktarda kullanıldığı veya başka bir tatlandırıcı ile ikame edildiği şekerlemelerin üretimi büyük ilgi görmektedir. Jöle tipi yumuşak şekerleme numunelerinin farklı oranlarda prebiyotikler ile ikamesi sonucunda

100 gr şekerlemede belirlenen tahmini enerji değerleri ve karbonhidrat miktarları aşağıdaki Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4. 5 Şekerlemelerin enerji değerleri ve karbonhidrat miktarları (100 gr)

Örnek adı	Kalori	Karbonhidrat
KONTROL [‡]	357.44 kcal	9472
İZOMALT	263.32 kcal	4179
İNÜLİN	231.61 kcal	4640
POLİDEKSTROZ	209.18 kcal	4640
İNÜLİN+İZOMALT	240.44 kcal	4137
İZOMALT+POLİDEKSTROZ	224.22 kcal	4138
İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	220.41 kcal	4121
İZOMALT+İNÜLİN+POLİDEKSTROZ	234.20 kcal	4138

Şekerleme örneklerinin toplam şeker içeriği (sakkaroz ve glikoz şurubu) %60 oranında azaltılarak izomalt, inülin ve polidekstroz ile ikame edilmiştir. Şekerleme gruplarının teorik enerji değeri hesaplamasında su, aroma ve renk bileşenlerine ait enerji değerleri ihmal edilerek glikoz şurubunun (2.83 kcal/g), sakkarozun (3.86 kcal/g), izomaltın (1.94 kcal/g), inülinin (1.39 kcal/g) ve polidekstrozun (1 kcal/g) değerleri esas alınmıştır (Kaur ve Gupta, 2002; Le ve ark., 2011; Varzakas ve ark., 2012; Auerbach ve Dedman, 2012; Riedel ve ark., 2015).

Elde edilen sonuçlara göre şekerleme örneklerinin enerji değerleri 209.18 kcal/g ile 357.44 kcal/g arasında değişmiştir. En düşük enerji değeri Polidekstroz örneğinde belirlenirken, en yüksek enerji değeri ise Kontrol örneğinde belirlenmiştir. Bu durum şeker ikamesi olarak kullanılan izomalt, inülin ve polidekstrozdan en düşük enerjiye polidekstrozun sahip olmasıyla ilişkilendirilmiştir. İzomalt örneği, Kontrol örneğinden sonra en yüksek enerji değerine sahip şekerlemedir. İzomalt, polidekstroz veya inülin ile kullanıldığında enerji değeri bir miktar daha düşmüştür. Buna göre İzomalt+Polidekstroz şekerlemesi 224.22 kcal/g, İnülin+İzomalt örneği ise 240.44 kcal/g olarak hesaplanmıştır.

İzomalt, inülin ve polidekstroz eklenen yumuşak jöle tipi şekerleme gruplarının toplam enerji değerleri kontrole kıyasla sırasıyla %26.34, %35.20 ve %41.48 oranında azaltılmıştır. Kontrol örneğine kıyasla farklı tatlandırıcıların kombinasyonları ile üretilen şekerleme örneklerinin enerji değerleri; %32.74 (İnülin+İzomalt), %34.48 (İzomalt+İnülin+Polidekstroz), %37.28 (İzomalt+Polidekstroz), %38.34 (İnülin+Polidekstroz) oranlarında azaltılmıştır.

Toplam enerji değerindeki bu azalmalar, tatlandırıcıların kendi içindeki kullanım miktarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Düşük enerjili tatlandırıcılar ile hazırlanan bu ürünlerin şeker hastaları ve obeziteli kişiler tarafından tüketilebileceği varsayılmaktadır. Piyasada bulunan, ilave şeker içeren meyve bazlı jöle şekerleme ile karşılaştırıldığında, %32 ila %41 daha düşük enerji değerine sahiptir. Bu çalışmada üretilen jöle tipi yumuşak şekerlemeler, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne ve Türk Gıda Kodeksi Beslenme Ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği'ne uymaktadır. Yönetmelikte, bir ürün hakkında 'enerjisi azaltılmış veya daha az enerjili' diyebilmek için; üretilen ürünlerin enerji miktarında, benzer bir ürüne göre en az %30'luk bir azalma sağlaması gerektiği bildirilmiştir. Buna göre çalışmada üretilen jöle tipi yumuşak şekerlemeler enerjisi azaltılmış veya daha az enerjili ürünler grubuna dahil olmaktadır. Ancak şekerlemelerin, 100 g katı gıdadaki enerji değerleri 40 kcal'den fazla olduğu için düşük kalorili ürünler grubuna girmemektedir. Yönetmeliğe göre; ürünün yüksek lif içerikli olması için 100 g gıdadaki lif miktarının en az 6 g olması gerekmektedir. Buna göre çalışmada üretilen İnülin örnekleri, bu koşulu sağlayarak yüksek lif içeren jöle tipi yumuşak şekerleme olarak nitelendirilmektedir.

Çalışma sonucunda üretilen, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre kullanımına izin verilen izomalt, inülin ve polidesktroz gibi tatlandırıcıları içeren yumuşak şekerlemelerde 'Tatlandırıcı içerir' veya 'Tatlandırıcılı' ifadesi yer almaktadır. Ayrıca yönetmeliğe göre kullanımına izin verilen izomalt, polidekstroz gibi polioller üretilen şekerlemelerde %10'dan fazla ilave olarak kullanılmıştır. Bunun sonucunda, Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme Ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği'nde de belirtildiği gibi şekerlemelerin 'Aşırı tüketimi laksitatif etki yaratabilir' ifadesi zorunlu olarak verilen bilgiler arasında yer almaktadır.

Sahlan ve ark. (2019), şekerleme örneklerinin enerji değerlerini azaltmak için tercih ettiği dört farklı balın oranını en uygun %29 olarak belirlemiş ve bal çeşidine göre örneklerin enerji değerlerini 397.28-398.68 kcal/100 g aralığında hesaplamıştır. Pitakmongkol (2020), peynir altı suyu proteini ile güçlendirilmiş düşük enerjili jöle şekerlemenin enerji değerini 261.60 kcal/100 g olarak bulmuştur. Benzer bir çalışmada, Korotkova ve ark. (2020), süt proteini kullanılarak düşük enerjili jöle şekerlemenin enerji değerini 66 kcal/100 g olarak hesaplamışlardır.

Gök ve ark. (2020), glikoz şurubu, sakkaroz ve jelatini esas alarak ürettiği jöle tipi şekerlemenin enerji değerini 406.2 kcal/g olarak belirlemiştir. Şeker içeriğinin azaltılmasına yönelik ilk aşamada maltitol şurubunu (2.4 kcal/g) glikoz şurubu ile ikame

ederek şekerlemenin enerji değerini 314.2 kcal/g olarak belirlemiştir ve enerji değerini %22.7 oranında azaltmıştır. İkinci aşamada sakkarozu, çözünür buğday lifi (1.7 kcal/g) ile ikame ederek şekerlemenin enerji değerini 212.7 kcal/g olarak hesaplamıştır. Enerji değeri bir önceki aşamaya göre %32.3 oranında azaltılmıştır. Sonuçlara göre maltitol şurubunun ve çözünür buğday lifinin enerji içeriğinin azaltılmasında etkili olmasından dolayı başka şekerleme formülasyonlarında da aynı amaçla kullanılabileceği öngörülmüştür.

Suman ve ark. (2021), jöle tipi yumuşak şekerlemelerin içerisine farklı konsantrasyonlarda zencefil tozu (%1-6), oleoresin (%0.02-0.14) ve meyve suyu (%5-30) eklemiştir. Araştırmacılar, kontrol örneğinin enerji değerini 322.62 kcal/g, oleoresin içeren örneğin 326.80 kcal/g, zencefil tozlu örneğin 332.45 kcal/g ve meyve sulu örneğin 336.83 kcal/g olarak belirlemiştir. Böylelikle zencefil tozu, oleoresin ve meyve suyunun jöle tipi yumuşak şekerlemelere ilave edilerek fonksiyonel bileşenler bakımından zenginleştirilebileceği ancak enerji bakımından yüksek ürünler elde edileceği varılmıştır. Su ve ark. (2021), jelatin bazlı yumuşak şekerlemeleri mikser ile farklı havalandırma seviyeleri elde etmek için 0.5 dakika ve 2 dakika boyunca 1100 rpm'de karıştırmıştır. Bu şekilde elde edilen havalandırılmış şekerlemelerin, havalandırılmamış şekerlemelere kıyasla sakkaroz miktarının %38 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Aroma ve sakkaroz miktarında azalma olmasına rağmen şekerlemelerde tat ve lezzet kaybı yaşanmamıştır. Aranda-Gonzalez ve ark. (2014), jelatin bazlı yumuşak şekerlemede, doğal olarak yüksek tatlandırma gücüne sahip glikozitler içeren *Stevia rebaudiana* bitkisini sakkaroz ikamesi olarak kullanmıştır. Bu amaçla *Stevia rebaudiana* bitkisi farklı oranlarda (%20, %40, %60, %80 ve %100) kullanılarak üretilen şekerlemelerin fizikokimyasal özellikleri ve kabul edilebilirliği analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, *Stevia rebaudiana* bitkisi %40 oranında kullanıldığında şekerlemenin enerji değeri 124.84 kcal/g olarak bulunmuştur. Bu değer bitkinin %60 oranında kullanılması ile 99.41 kcal/g olarak rapor edilmiştir. *Stevia rebaudiana* bitkisinin %60 oranında kullanıldığı örneklerin enerji değerleri piyasadaki yumuşak şekerlemelere kıyasla en az % 39.5 oranında daha düşük bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Yumuşak jöle tipi şekerleme üretiminde sakkaroz ve glikoz şurubu farklı prebiyotik kaynakları (izomalt, inülin ve polidekstroz) ile ikame edilerek enerji değerini düşürmek amacıyla yeniden formüle edilmiştir.
- Tek başına sakkaroz veya glikoz şurubu miktarından azaltılarak üretilen şekerlemelerde jöle kıvamı kabul edilebilir seviyede olmadığı için formülasyonda glikoz ve sakkarozdan belirli miktarda azaltma yapılarak prebiyotik kaynak eklenmiştir.
- *Lactobacillus acidophilus* suşunda prebiyotik etki inülin ve polidekstrozun birlikte kullanıldığı şekerlemelerde (220×10^2) görülürken, *Bacillus clausii* suşundaki prebiyotik etki polidekstrozun tek başına kullanıldığı şekerlemelerde (20×10^2) görülmüştür.
- Numunelerin depolama süresi göz önüne alındığında, izomalt hariç diğer prebiyotiklerin kullanıldığı formülasyonlarda önemli değişiklikler gözlenmemiştir. 30 günlük depolama sonucunda sadece izomalt içeren şekerlemede, izomaltın nem çekme özelliğinden dolayı renk ve tekstürel farklılıklar oluşmuştur.
- Çalışma sonucunda, prebiyotiklerin tek başlarına kullanımları ile üretilen şekerlemelere bakıldığında, **Polidekstroz ve İnülin** içeren örneklerin fizikokimyasal, duyuşal ve prebiyotik aktivite özellikleri izomalt içeren şekerlemelere göre daha kabul edilebilir seviyede bulunmuştur. Satın alınabilirlik testi ile tüketicilerin %90'ı İnülin şekerlemesini tercih ederken, %50'si Polidekstroz şekerlemesini tercih etmiştir.
- Prebiyotiklerin ikili kombinasyonlarının değerlendirilmesinde **İzomalt+Polidekstroz, İnülin+İzomalt ve İnülin+Polidekstroz** ikame karışımlarının kullanılması önerilmiştir.
- Yumuşak şekerlemelerde izomaltın tek başına kullanımında olumlu sonuçlar alınmaz iken **İzomalt+İnülin+Polidekstroz** içeren şekerlemeler tüketicilerin %60'ı tarafından yüksek beğeni almıştır.
- Yumuşak jöle tipi şekerleme gruplarının enerji değerlerindeki azalma sonuçlarına göre izomalt, inülin ve polidekstrozun düşük enerjili ürün geliştirme açısından önemli avantajlar sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

- Fizikokimyasal, duyusal, prebiyotik aktivite özellikleri ve enerji değerlerini genel olarak değerlendirdiğimizde **Polidekstrozun** gerek tek başına gerekse **Inülin** ile ikili kombinasyonu olumlu sonuçlar vermiştir.
- Çalışma sonunda üretilen düşük enerjili yumuşak jöle tipi şekerlemeler, karakterize edilmiş ve fiziksel özellikler açısından prebiyotiklerin kullanıldığı örnekler çeşitli üstünlükler göstermiştir.

6. KAYNAKLAR

- Aidoo, R.P., Afoakwa, E.O. ve Dewettinck, K., 2014, Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture-rheological, microstructure and physical quality characteristics, *Journal Food Engineering*, 126(1): 35-42.
- Al-Ruqaie, I. M. ve Kasapis, S. R. A., 1997, Structural properties of pectin-gelatin gels. Part II: effect of sucrose/glucose syrup, *Carbohydrates Polymers*, 34, 309–321.
- Altınok, E., Palabiyik, I., Gunes, R., Toker, O. S., Konar, N., & Kurultay, S., 2019, Valorisation of grape by-products as a bulking agent in soft candies: Effect of particle size, *LWT- Food Science and Technology*, 118, 108776.
- Amjadi, S., Ghorbani, M., Hamishehkar, H., ve Roufegarinejad, L., 2018, Improvement in the stability of betanin by liposomal nanocarriers: Its application in gummy candy as a food model, *Food Chemistry*, 256, 156–162. doi:10.1016/j.foodchem.2018.02.114.
- Anonim, 2014, Midenizin doktoru sizsiniz, <https://www.star.com.tr/yazar/midenizin-doktoru-sizsiniz-yazi-823601/> [Ziyaret Tarihi: 20.02.2020].
- Anonim, 2016, Şekerli mamuller sektörü 2016 yılını 2.2 milyar dolarlık ihracatla kapattı, *Dünya Gıda*, <http://www.dunyagida.com.tr/haber/sekerli-mamuller-sektoru-2016-yilini-22-milyar-dolarlik-ihracatla-kapatti/6055>, [Ziyaret Tarihi: 04.09.2019].
- Anonim, 2016a, Tatlandırıcı kullanımının sağlık üzerine etkileri, <https://www.yasamicingida.com/yazarlar/gamze-akbulut/tatlandirici-kullaniminin-saglik-uzerine-etkileri/> Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2020].
- Anonim, 2016b, Prebiotics Ingredients Market by Ingredients (Insulin, Fructo-Oligosaccharides (FOS), Galacto-Oligosaccharides (GOS), and Falacto-Fructose (GF)), Application (Food & Beverages, Dietary Supplements, and Animal Feed) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017-2023, <https://www.alliedmarketresearch.com/prebiotics-ingredients-market> [Ziyaret Tarihi: 20.02.2020].
- Anonim, 2017, Confectionery Market by Type (Sugar, Chocolate, Fine Bakery Wares, and Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014-2022, <https://www.alliedmarketresearch.com/confectionery-market> Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2020].
- Anonim, 2018, İnfografik: Türkiye'de şekerleme ve çikolata sektörü, WorldFoodIstanbul, <https://www.worldfood-istanbul.com/Fuar-Hakk%C4%B1nda/Sektorel-Haberler/Infografik-Turkiye-de-sekerleme-ve-cikolata-sekto> [Ziyaret Tarihi: 17 Eylül 2019].
- Anonim, 2019, Functional Foods Market Worth \$275.7 Billion By 2025 | CAGR: 7.9%, (<https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-functional-foods-market>, [Ziyaret Tarihi: 24 Aralık 2019].

- Anonim, 2019a, Cargill invests \$5m in reducing sugar levels in chocolate, https://www.confectionerynews.com/Article/2019/09/25/Cargill-invests-5m-in-reducing-sugar-levels-in-chocolate?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright [Ziyaret tarihi: 01 Kasım 2019].
- Aranda-Gonzalez, I., Tamayo-Dzul, O., Barbosa-Martin, E., Segura-Campos, M., Moguel-Ordóñez, Y., ve Betancur-Ancona, D., 2014, Development of a gummy candy reduced in calories by sugar substitution with *Stevia rebaudiana* B., *Nutricion hospitalaria*, 31(1), 334-340.
- Auerbach, M. ve Dedman, A., 2012, Bulking Agents - Multi-Functional Ingredients, *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*, 433–470. doi:10.1002/9781118373941.ch20.
- Bartkiene, E., Ruzauskas, M., Lele, V., Zavistanaviciute, P., Bernatoniene, J., Jakstas, V. ve Juodeikiene, G., 2017, Development of antimicrobial gummy candies with addition of bovine colostrum, essential oils and probiotics, *International Journal of Food Science & Technology*, 53(5), 1227–1235. doi:10.1111/ijfs.13701.
- Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B. C., Min-Tze, L. ve Karim, A., 2011, Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(6), 1295–1300.
- Borwankar, R. P., 1992, Food texture and rheology: A tutorial review, *Journal of Food Engineering*, 16(1–2), 1–16. doi:10.1016/0260-8774(92)90016-Y.
- Bucke, C., 1995, Sucrose, properties and applications. Edited by M. Mathlouthi and P. Reiser, Chapman & Hall, London, 1995, xiv + 294 pp. £79.00. ISBN 0-7514-0223-0, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69(1), 133–133. doi:10.1002/jsfa.2740690120.
- Buettner, A. ve Beauchamp, J., 2010, Chemical input - sensory output: Diverse modes of physiology-flavour interaction, *Food Quality and Preference*, 21, 915–924.
- Burey, P., Bhandari, B., Rutgers, R., Halley, P. ve Torley, P., 2009, Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects, *International Journal of Food Properties*, 12(1): 176-210.
- Cai, L., Feng, J., Regenstein, J., Lv, Y., ve Li, J., 2017, Confectionery gels: Effects of low calorie sweeteners on the rheological properties and microstructure of fish gelatin, *Food Hydrocolloids*, 67, 157–165. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.12.031.
- Carr, J., Baloga, C., Guinard, X., Lawter, L., Marty, C. ve Squire, C., 1996, The effect of gelling agent type and concentration on flavor release in model systems, *Flavor–food interactions* (pp. 98–108).
- Cayot, N., Taisant, C. ve Voilley, A., 1998, Release and perception of isoamyl acetate from a starch-based food matrix, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3201–3206.

- Charoen, R., Savedboworn, W., Phuditcharnchnakun, S. ve Khuntaweetap, T., 2015, Development of antioxidant gummy jelly candy supplemented with Psidium guajava leaf extract, *Applied Science and Engineering Progress*, 8(2), 145-151.
- Chetana, R., 2004, *Studies on the use of sucrose alternatives in traditional sweetmeats* (Doctoral dissertation, University of Mysore).
- Craig, S. A. S., Anderson, J. M., Holden, J. F., ve Murray, P. R., 1996, Bulking agents: polydextrose. *Carbohydrates as Organic Raw Materials III*.
- Daniela, I., Camelia, V., Gabriela, I., Felicia, D., & Maria, G., 2013, Physico-chemical characteristics and antioxidant activity of goji fruits jam and jelly during storage. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, *Fascicle VI-Food Technology*, 37(2), 100-110.
- De Avelar, M. H. M., de Castilho Queiroz, G. ve Efraim, P., 2020, Sustainable performance of cold-set gelation in the confectionery manufacturing and its effects on perception of sensory quality of jelly candies, *Cleaner Engineering and Technology*, 1, 100005.
- Delgado, P. ve Bañón, S., 2014, Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties, *CyTA - Journal of Food*, 13(3), 329–335. doi:10.1080/19476337.2014.974676.
- Delgado, P. ve Bañón, S., 2018, Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies, *CyTA - Journal of Food*, 16, 1–10.
- Demircan, A., Palabıyık, İ. ve Demirci, A.Ş., 2019, İnülin içerikli jelly tipi yumuşak şekerleme üretimi ve bileşen optimizasyonu, *GIDA* (2019) 44 (5): 759-769 doi: 10.15237/gida.GD19061.
- Demirci, M., Sağdıç, O., Çavuş, M., Pehlivanoğlu, H., Yılmaz, M. T., ve Çağlar, M.Y., 2017, Prebiyotik Oligosakkaritlerin Kaynakları, Üretimleri ve Gıda Uygulamaları, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2017;6(10):20-31.
- Di Monaco, R., Miele, N. A., Cabisidan, E. K. ve Cavella, S., 2018, Strategies to reduce sugars in food, *Current Opinion in Food Science*, 19, 92–97.
- Dorn, G.A., Savenkova, T.V., Sidorova, O.S. ve Golub, O.V., 2015, Confectionery goods for healthy diet, *Foods and Raw Materials*, 3(1): 70-76.
- Durrani, Y., Ayub, M., Muhammad, A., ve Ali, A., 2010, Physicochemical response of apple pulp to chemical preservatives and antioxidant during storage, *International Journal of Food Safety*, 12, 20-28.
- Edgar, W.M., 1998, Sugar substitutes, chewing gum and dental caries--a review, *British Dental Journal*, 184, 29-32.
- Edwards, C. A. ve Garcia, A. L., 2009, 3 - The health aspects of hydrocolloids. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids (Second Edition)* (pp. 50-81): Woodhead Publishing.

- Efe, N., 2018, Characterization and formulation of gelatin based soft candies, Master's thesis, Middle East Technical University Ankara.
- Efe, N., Bielejewski, M., Tritt-Goc, J., Mert, B. ve Oztop, M. H., 2019, NMR relaxometry study of gelatin based low-calorie soft candies, *Molecular Physics*, 117(7-8), 1034-1045.
- Ergun, R., Lietha, R. ve Hartel, R. W., 2015, Moisture and Shelf Life in Sugar Confections, 8398(November). <https://doi.org/10.1080/10408390802248833>.
- Evageliou, V., Richardson, R. K. ve Morris, E. R., 2000, Effect of pH, sugar type and thermal annealing on high-methoxy pectin gels, *Carbohydrates Polymers*, 42, 245–259.
- FAO-WHO Food Standards. Codex Alimentarius, 2014, GSFA Online. Isomalt. <http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/additives/details.html?id=180>. [Ziyaret tarihi: 01 Mart 2021].
- FDA (Food and Drug Administration), 1996, Food Labeling: Health Claims; Sugar Alcohols and Dental Caries. Federal Register 61 FR 43433, August 23.
- FDA (Food and Drug Administration), 2010, Code of Federal Regulations, Title 21 - Food and Drugs, Volume 2, Chapter 1, Subchapter B - Food for Human Consumption - Part 101 - Food Labelling, Subpart E - Specific Requirements for Health Claims Sec. 101.80 Health claims: dietary noncariogenic carbohydrate sweeteners and dental caries (21CFR101.80).
- Franck, A., 2002, Technological functionality of inulin and oligofructose, *British Journal of Nutrition*, 87(2), S287–S291. doi:10.1079/BJN/2002550.
- Fraeye, I., Colle, I., Vandevenne, E., Duvetter, T., Van Buggenhout, S., Moldenaers, P., ve Hendrickx, M., 2010, Influence of pectin structure on texture of pectin-calcium gels, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(2), 401–409. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.015>
- Figuroa-Gonzalez, I., Rodríguez-Serrano, G., Gomez-Ruiz, L., Garcia-Garibay, M. ve Cruz-Guerrero, A., 2019, Prebiotic effect of commercial saccharides on probiotic bacteria isolated from commercial products, *Food Science and Technology*, 39(3), 747-753.
- Foster-Powell K, Holt S.H. ve Brand-Miller J.C., 2002, International table of glycemic index and glycemic load values, *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002 Jul;76(1):5-56.
- Ge, H., Wu, Y., Woshnak, L. L. ve Mitmesser, S. H., 2021, Effects of hydrocolloids, acids and nutrients on gelatin network in gummies, *Food Hydrocolloids*, 113, 106549.
- Gıda, T. C. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2017, Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği. Resmi Gazete, (29960).

- Gıda, T. C. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2013, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi, (28693).
- Gibson GR, Probert HM, Van Loo J, Rastall RA. ve Roberfroid MB., 2004, Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics, *Nutrition research reviews*; 17(2), 259-275.
- Gibson, G. R. ve Roberfroid, M. B., 1995, Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotic, *Journal of Nutrition*, 125, 1401–1412.
- Gok, S., Toker, O. S. ve Palabiyik, I., Konar, N., 2020, Usage possibility of mannitol and soluble wheat fiber in low calorie gummy candies, *LWT - Food Science and Technology*, 128, 109531. doi:10.1016/j.lwt.2020.109531.
- Gould, A. L., Davies, G. M., Alemao, E., Yin, D. D. ve Cook, J. R., 2007, Cholesterol reduction yields clinical benefits: meta-analysis including recent trials, *Clinical Therapeutics*, 29(5), 778-794. doi:https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2007.05.012.
- Grembecka, M., 2015, Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review, *European Food Research and Technology*, 241(1), 1–14. doi:10.1007/s00217-015-2437-7.
- Grétarsdóttir, K. G., 2019, Development of vitamin D gummy supplements and their shelf-life, Doctoral dissertation, Iceland.
- Gültekin, F., Öner, M. E., Savaş, H. B. ve Doğan, B., 2017, Tatlandırıcılar, Glikoz İntoleransı ve Mikrobiyota, *Journal of Biotechnology And Strategic Health Research*, 1, 34-38.
- Hartel, R. W., von Elbe, J. H. ve Hofberger, R., 2017, Jellies, Gummies and Licorices, *Confectionery Science and Technology*, 329–359. doi:10.1007/978-3-319-61742-8_12.
- Huebner, J., Wehling, R. L. ve Hutkins, R. W., 2007, Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 17(7), 770-775.
- Imfeld T., 1999, Chewing gum--facts and fiction: a review of gum-chewing and oral health, *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 10, 405-419.
- Jaramillo, D. P., Roberts, R. F., ve Coupland, J. N., 2011, Effect of pH on the properties of soy protein-pectin complexes, *Food Research International*, 44(4), 911–916. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.057.
- Jiamjariyatam, R., 2018, Influence of gelatin and isomaltulose on gummy jelly properties, *International Food Research Journal*, 25(2), 776-783.
- Karınca, M., 2011, Vitamin ve mineraller ile zenginleştirilmiş yumuşak şekerleme (jelly) üretiminin optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Kaur, N. ve Gupta, A. K., 2002, Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition; *Journal of Biosciences*, 27 703–714.
- Kaur, S. ve Das, M., 2015, Nutritional and functional characterization of barley flaxseed based functional dry soup mix, *Journal of Food Science and Technology*, 52(9):5510–5521.
- Khouryieh, H. A., Aramouni, F. M. ve Herald, T. J., 2005, Physical, chemical and sensory properties of sugar-free jelly, *Journal of Food Quality*, 28(2), 179–190.
- Kızılaslan, N., 2017, Tatlandırıcılar ve metabolizma hastalıklarıyla ilişkisi, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2): 191-198.
- Kia, E. M., Langroodi, A. M., Ghasempour, Z., ve Ehsani, A., 2020, Red beet extract usage in gelatin/gellan based gummy candy formulation introducing *Salix aegyptiaca* distillate as a flavouring agent, *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3355-3362.
- Klug, C. ve Lipinski, G.R., 2016, Acesulfame potassium, O'Brien-Nabors, L. (Ed.), *Alternative sweeteners*, Boca Raton: CRC Press, 20-25.
- Konica Minolta, 2007, Precise color communication, Konica Minolta Photo Sensing Inc., Japonya.
- Korkach H. ve Krusir G., 2017, Development of innovative technologies of fondant candies with synbiotics, *Chemical Engineering: Food Production Technology*, № 1/3(33), DOI: 10.15587/2312-8372.2017.93806.
- Korotkova, A. A., Bozhkova, S. E., Pilipenko, D. N. ve Obrushnikova, L. F., 2020, Development of low-calorie jelly for complex processing of dairy raw materials, *Earth and Environmental Science* (Vol. 548, No. 8, p. 082078). IOP Publishing.
- Kurt, A., Bursa, K. ve Toker, O. S., 2021, Gummy candies production with natural sugar source: Effect of molasses types and gelatin ratios, *Food Science and Technology International*, 1082013221993566.
- Langlands SJ, Hopkins MJ, Coleman, N. Ve Cummings, JH., 2004, Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of the human large bowel, *Gut*, 2004;53(11), 1610-1616.
- Lawson, P., 2007, Sorbitol and sorbitol syrup. In: Wilson R (ed) *Sweeteners*. Blackwell Publishing and Leatherhead Publishing, UK, pp 227–238.
- Le, A.S. ve Mulderrig, K.B., 2001, Sorbitol and mannitol, (ed: L.O. Nabors), *Alternative Sweeteners*, New York, NY: Marcel Dekker, Inc., 315-335.
- Lekahena, V. N. J., ve Boboleha, M. R., 2020, March, The Effects of Sucrose Substitution with Sorbitol on Physicochemical Properties and Sensory Evaluation of Seaweed Jelly Candy, *In 5th International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources* (FANRes 2019) (pp. 263-267). Atlantis Press.

- Lele, V., Ruzauskas, M., Zavistanaviciute, P., Laurusiene, R., Rimene, G., Kiudulaite, D., ve Bartkiene, E., 2018, Development and characterization of the gummy-supplements, enriched with probiotics and prebiotics, *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 580-587.
- Lubbers, S. ve Guichard, E., 2003, The effects of sugars and pectin on flavour release from a fruit pastille model system, *Food Chemistry*, 81, 269-273. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00422-3.
- Ludwig, DS., 2002, The Glycemic Index: Physiological Mechanisms Relating to Obesity, Diabetes, and Cardiovascular Disease, *JAMA*. 2002;287(18):2414–2423. doi:10.1001/jama.287.18.2414.
- Luo, D., Xi, D., Zhang, K., An, Y., Huang, J. ve Kang, H., 2020, Gelling properties of long-chain inulin, *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 35(4), 151–157. <http://www.cnki.net>
- Manjula, K. ve Suneetha, C., 2014, Formulation and development of functional confectionery by incorporating pumpkin juice, *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 4(1): 47-52.
- Mardani, M., Yeganehzad, S., Ptichkina, N., Kodatsky, Y., Kliukina, O., Nepovinnykh, N., ve Naji-Tabasi, S., 2019, Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow, *Food Hydrocolloids*. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.02.033.
- Martins, J. J. A., de Oliveira, E. N. A., Rocha, A. P. T., ve da Costa Santos, D., 2015, Stability of caja jellies during storage at ambient conditions/Estabilidade de geleias de caja durante o armazenamento em condicoes ambientais, *Comunicata Scientiae*, 6(2), 164-174.
- Meilgaard, M. C., Carr, B. T. ve Civille, G. V., 2006, Sensory evaluation techniques (4th ed.). CRC press.
- Meyer, D. ve Blaauwhoed, J.-P., 2009, Inulin, *Handbook of Hydrocolloids*, 829–848. doi:10.1533/9781845695873.829.
- Meyer, D., 2015, Health Benefits of Prebiotic Fibers, *Advances in Food and Nutrition Research*, 47–91. doi:10.1016/bs.afnr.2014.11.002.
- Mızrak, G., 2016, Glisemik İndeks, Glisemik Yük, Sağlıklı Beslenme Ve Spor, *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, Aralık 2016, Sayı 363, 4-11.
- Miranda, J. S., Costa, B. V., de Oliveira, I. V., de Lima, D. C. N., Martins, E. M. F., de Castro Leite Júnior, B. R. ve Martins, M. L., 2020, Probiotic jelly candies enriched with native Atlantic Forest fruits and *Bacillus coagulans* GBI-30 6086, *LWT - Food Science and Technology*, 109275. doi:10.1016/j.lwt.2020.109275.
- Mitchell, H., Auerbach, M.H. ve Moppett, F.K., 2001, Polydextrose. In: L.O. Nabors (ed.). *Alternative Sweeteners*. 3rd edn, Marcel Dekker, New York; 2001, pp. 499–518.

- Mohnen, D., 2008, Pectin structure and biosynthesis, *Current Opinion in Plant Biology*, 11(3), 266-277. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.03.006>.
- Moura, S.C.S.R., Berling, C. L., Garcia, A. O., Queiroz, M. B., Alvim, I. D. ve Hubinger, M. D., 2019, Release of anthocyanins from the hibiscus extract encapsulated by ionic gelation and application of microparticles in jelly candy, *Food Research International* 121 542–552. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.010>.
- Mussatto SI. ve Mancilha IM., 2007, Non---digestible oligosaccharides, *Carbohydrate Polymers*, 68, 587--- 597.
- Mutlu, C., Tontul, S. A. ve Erbaş, M., 2018, Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar, *LWT-Food Science and Technology*, 93, 499-505.
- Nestle, M., 2007, The benefits of eating candy. Who knew?, <https://www.foodpolitics.com/2015/09/the-benefits-of-eating-candy-who-knew/> [Ziyaret Tarihi: 31 Ocak 2020].
- O'Donnell, K. ve Kearsley, M. W., 2012, Sweeteners and sugar alternatives in food technology (pp. 215-218). London, UK:: Wiley-Blackwell.
- Oku, T., Fujii, Y. ve Okamatsu, H., 1991, Polydextrose as dietary fiber: hydrolysis by digestive enzyme and its effect on gastrointestinal transit time in rats, *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 11, 40.
- Oliveira, R.P.Z., Perego, P., Oliveira, M.N. ve Converti, A., 2011, Effect of inulin as prebiotic and synbiotic interactions between probiotics to improve fermented milk firmness, *Journal of Food Engineering* 107(1): 36–40.
- Orozco-Parra, J., Mejía, C. M. ve Villa, C. C., 2020, Development of a bioactive synbiotic edible film based on cassava starch, inulin, and *Lactobacillus casei*. *Food Hydrocolloids*, 105754. doi:10.1016/j.foodhyd.2020.105754.
- Osama, O.I., 2016, Sugar alcohols: Chemical structures, manufacturing, properties and applications, *EC Nutrition*, 4:2, 817-824.
- Otálora, M. C., de Jesús Barbosa, H., Perilla, J. E., Osorio, C., ve Nazareno, M. A., 2019, Encapsulated betalains (*Opuntia ficus-indica*) as natural colorants, Case study: Gummy candies, *LWT-Food Science and Technology*, 103, 222-227.
- Painter, J., 2006, How Do Food Manufacturers Calculate the Calorie Count of Packaged Foods?, <https://www.scientificamerican.com/article/how-do-food-manufacturers/> , [Ziyaret Tarihi: 6 Nisan 2020].
- Parracho, H., McCartney, A.L. ve Gibson, G.R., 2007, Probiotics and prebiotics in infant nutrition, *Proceedings of Nutrition Society*, 66: 405-411.
- Pashazadehkelisakandi, H., 2014, Tablet bal üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 20-22.

- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A. ve Castelló, M. L., 2014, Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections, *Food Bioscience*, 7, 37-44.
- Petković, M., 2019, Alternatives for Sugar Replacement in Food Technology: Formulating and Processing Key Aspects, <https://www.intechopen.com/online-first/alternatives-for-sugar-replacement-in-food-technology-formulating-and-processing-key-aspects>.
- Phillips, A. O. ve Phillips, G. O., 2011, Biofunctional behaviour and health benefits of a specific gum arabic, *Food Hydrocolloids*, 25(2), 165-169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.03.012>.
- Pitakmongkol, S., 2020, Reduced calorie gummy jelly fortified with whey protein, Doctoral Thesis, Bangkok-Tayland.
- Pocan, P., Ilhan, E. ve Oztop, M. H., 2019, Effect of D- Psicose Substitution on Gelatin Based Soft Candies: A TD-NMR Study, *Magnetic Resonance in Chemistry*. doi:10.1002/mrc.4847.
- Prakash, N. ve Priya, S., 2016, Development of novel functional confectionery using low reduced sugar, *Indian Journal of Drugs*, 4(4),141-148.
- Riedel, R., Böhme, B. ve Rohm, H., 2015, Development of formulations for reduced-sugar and sugar-free agar-based fruit jellies, *International Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1338–1344. doi:10.1111/ijfs.12787
- Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N., Leiva, G., Coronela, B. B. ve Scheborb, C., 2019, Development of healthy gummy jellies containing honey and propolis, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2020; 100: 1030–1037.
- Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N. ve Schebor, C., 2021, Development and characterization of two gelatin candies with alternative sweeteners and fruit bioactive compounds, *LWT - Food Science and Technology*, 141, 110894.
- Rodríguez-Zevallos, A., Hayayumi-Valdivia, M. ve Siche, R., 2018, Optimización de polifenoles y aceptabilidad de caramelos de goma con extracto de jengibre (*Zingiber officinale* R.) y miel con diseño demezclas, *Brazilian Journal of Food Technology* 21:e2017132.
- Rosner, B., Sacks, F. M., Brown, L. ve Willett, W. W., 1999, Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69(1), 30-42. doi:10.1093/ajcn/69.1.30.
- Rubio-Arreaez, S., Ferrer, C., Capella, J. V., Ortolá, M. D. ve Castelló, M. L., 2017, Development of lemon marmalade formulated with new sweeteners (isomaltulose and tagatose): Effect on antioxidant, rheological and optical properties, *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12371.
- Sadler, M., ve Stowell, J. D., 2012, Calorie control and weight management. *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*, 77-89.

- Sahlan, M., Ridhowati, A., Hermansyah, H., Wijanarko, A., Rahmawati, O., ve Pratami, D. K., 2019, *Formulation of hard candy contains pure honey as functional food*. doi:10.1063/1.5096743
- Saint-Eve, A., Déléris, I., Panouillé, M., Dakowski, F., Cordelle, S., Schlich, P. ve Souchon, I., 2011, How texture influences aroma and taste perception over time in candies, *Chemosensory Perception*, 4(1), 32-41.
- Samakradhamrongthai, R. S., ve Jannu, T., 2021, Effect of stevia, xylitol, and corn syrup in the development of velvet tamarind (*Dialium indum* L.) chewy candy, *Food Chemistry*, 352, 129353.
- Santos, H. V., Maia, C. J. S., Lima, E. D. J. F., Dias, A. C. C., de Souza Monteiro, R., Gandra, K. M. B., ve Pereira, P. A. P., 2020, Physical, physicochemical, microbiological, and bioactive compounds stability of low-calorie orange jellies during storage: packaging effect, *Research, Society and Development*, 9(9), e759997900-e759997900.
- Sarabandi, K., Jafari, S. M., Mahoonak, A. S. ve Mohammadi, A., 2019, Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source, *International Journal of Biological Macromolecules*, 140, 59–68.
- Savant, V.D., 2010, Jelly confectionery products having a stabilizer and a fiber blend, Nestec S.A. Patents, Publication number: 20140050837.
- Sehwag, S. ve Das, M., 2015, Nutritive, therapeutic and processing aspects of jamun, *Syzygium cuminii* (L.) Skeels: an overview, *Indian Journal of Natural Products and Resources* 5(4):295–307.
- Sentko, A. ve Bernard, J., 2012, Ísomalt. O'Brien-Nabors, L. (Ed.). *Alternative Sweeteners* (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11242>.
- Sharma, B. R., Naresh, L., Dhuldhoya, N. C., Merchant, S. U. ve Merchant, U. C., 2006, An overview on pectins, *Times Food Processing Journal*, 23(2), 44-51.
- Shi, M., 2016, Comparison of the storage stability of starch and pectin black raspberry confections, Doctoral Thesis, The Ohio State University.
- Siefarth, Tyapkova, O., Beauchamp, J., Bader, S., Schweiggert, U. ve Buettner, A., 2011a, Influence of polyols and bulking agents on the release of flavor compounds from low viscosity aqueous solutions, *Food Chemistry*, 129(4), 1462–1468.
- Siefarth, Tyapkova, O., Beauchamp, J., Schweiggert, U., Buettner, A. ve Bader, S., 2011b, Mixture design approach as a tool to study in vitro flavor release and viscosity interactions in sugar-free polyol and bulking agent solutions, *Food Research International*, 44(10), 3202–3211.
- Spanemberg, F. E. M., Karzenowski, A. L. ve Sellito, M. A., 2019, Effects of sugar composition on shelf life of hard candy: Optimization study using D-optimal mixture.

- Statista, 2019a, Food report 2018 – confectionery, Statista consumer market outlook - segment report, <https://www.statista.com/study/48835/food-report-confectionery/> [Ziyaret Tarihi: 24 Şubat 2020].
- Statista, 2019b, Confectionery, worldwide, <https://www.statista.com/outlook/40100000/100/confectionery/worldwide> [Ziyaret Tarihi:24 Şubat 2020].
- Strater. P.J., 1988, Palatinit (isomalt), an energy-reduced bulk sweetener derived from saccharose. In: GG Birch, MG Lindley, eds. *Low-Calorie Products*. London: Elsevier Applied Science, p 36.
- Su, K., Festring, D., Ayed, C., Yang, Q., Sturrock, C. J., Linforth, R., ve Fisk, I., 2021, Reducing sugar and aroma in a confectionery gel without compromising flavour through addition of air inclusions, *Food Chemistry*, 354, 129579.
- Suman, M. K., Gupta, A., Vaidya, D., ve Kaushik, R., 2021, Standardization of formulation for the preparation of ginger supplemented jelly candies.
- Tarım, T. G., ve Bakanlığı, H., 2017, Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği. Resmî Gazete, (29960).
- Taş, T. K., 2012, Türkiye’de Fonksiyonel Gıdaların Tüketim Araştırmaları, Ürün Çeşitliliği ve Yasal Düzenlemeler S472, Türkiye 11. Gıda Kongresi, Hatay.
- Tau, T. ve Gunasekaran, S., 2016, Thermorheological evaluation of gelation of gelatin with sugar substitutes, *LWT - Food Science and Technology*, 69, 570–79-578. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.015>.
- Tireki, S., 2017, Investigation of sensory and instrumental methods to predict shelf-life of jelly gums, Doctoral Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Touger-Decker, R. ve Van Loveren, C., 2003, Sugars and dental caries. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 881S-892S.
- Tyapkova, O., Bader-Mittermaier, S., Schweiggert-Weisz, U., Wurzinger, S., Beauchamp, J., ve Buettner, A., 2014, Characterisation of flavour–texture interactions in sugar-free and sugar-containing pectin gels. *Food research international*, 55, 336-346.
- Utomo, B. S. B., Darmawan, M., Hakim, A. R. ve Ardi, D. T., 2014, Physicochemical properties and sensory evaluation of jelly candy made from different ratio of k-carrageenan and konjac, *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 9(1), 25-34.
- Varzakas, T., Labropoulos, A. ve Anestis, S., 2012, *Sweeteners: Nutritional Aspects, Applications, and Production Technology* CRC Press, Boca Raton, FL.
- Venn, B. J. ve Green, T. J., 2007, Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet–disease relationships, *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(S1), S122–S131. doi:10.1038/sj.ejcn.1602942.

- Ventura, J., Alarcón-Aguilar, F., Roman-Ramos, R., Campos-Sepulveda, E., Reyes-Vega, M. L., Daniel Boone-Villa, V., Aguilar, C. N., 2013, Quality and antioxidant properties of a reduced-sugar pomegranate juice jelly with an aqueous extract of pomegranate peels. *Food Chemistry*, 136(1), 109–115. doi:10.1016/j.foodchem.2012.07.039.
- Verma, A., 2014, Development and Storage Stability of Regular and Low Calorie Jam and Jelly from Pear Fruit (*Pyrus pyrifolia* cv. *Gola*), Doctor Thesis, G. B. Pant University of Agriculture & Technology, Pantnagar- 263 145, (U.S. Nagar), Uttarakhand, India.
- Waghmode, M., Gunjal, A. ve Patil, N., 2020, Probiotic sugar confectionery fortified with flax seeds (*Linum usitatissimum*), *Journal of Food Science and Technology*, 1-7.
- Wang, Y., 2009, Prebiotics: Present and future in food science and technology, *Food Research International*, 42(1): 8-12.
- Wang, Y., Truong, T., Li, H. ve Bhandari, B., 2019, Co-melting behaviour of sucrose, glucose & fructose, *Food Chemistry*, 275: 292-298.
- Wilson, R., 2007, *Ingredients Handbook: Sweeteners*. Blackwell Publishing.
- Yılmaz, F.M., Yıldırım, E. ve Karakuş, M., 2019, Doğal renk maddesi katkılı sert şekerleme üretimi: Farklı karbonhidrat formülasyonlarının renk, camsı geçiş, higroskopite, karbonhidrat kompozisyonu ve duyu özellikleri üzerine etkileri. *GIDA* (2019) 44 (2): 357-368 doi: 10.15237/gida.GD18117.
- Zou, ML., Moughan, PJ., Awati, A. ve Livesey, G., 2007, Accuracy of the Atwater factors and related food energy conversion factors with low-fat, high-fiber diets when energy intake is reduced spontaneously, *The American Journal of Clinical Nutrition* 86(6):1649–1656.
- Zumbe, A., Lee, A. ve Storey, D., 2001, Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery, *British Journal of Nutrition*, 85(S1), S31-S45.

EKLER**EK 1.** Yumuşak jöle tipi şekerleme duyuşal analiz puanlama ve satın alınabilirlik formu

DUYUSAL ANALİZ					
Örnek	Renk	Görünüş	Tat/Lezzet	Diş yapışkanlık	Yumuşaklık/Sertlik
Kontrol					
492					
966					
615					
218					
517					
109					
213					
Renk			0: Açık renk 9: Koyu renk		
Görünüş			0: Kötü 9: İyi		
Tat/Lezzet			0: Hoşa gitmeyen tat 9: Hoşa giden tat		
Diş Yapışkanlık			0: Çok yapışan 9: Yapışmayan		
Yumuşaklık / Sertlik			0: Çok yumuşak 9: Çok sert		
SATIN ALINABİLİRLİK					
Örnek	Kesinlikle Satın Almazdım	Muhtemelen Satın Almazdım	Emin Değilim	Muhtemelen Satın Alırdım	Kesinlikle Satın Alırdım
Kontrol					
492					
966					
615					
218					
517					
109					
213					
Kesinlikle Satın Almazdım				1	
Muhtemelen Satın Almazdım				2	
Emin Değilim				3	
Muhtemelen Satın Alırdım				4	
Kesinlikle Satın Alırdım				5	