

ŞUBAT 2022

Yüksek Lisans Tezi-Biyoloji

SERDAR MARAŞLI

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞÜK YOĞUNLUKLU MARSHMELOWLARDA
HAVALANDIRMA VE STABİLİZASYON AJANI OLARAK
KULLANILAN SIĞIR JELATİNİ YERİNE *Spirulina platensis*
KULLANILMASI

BİYOLOJİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERDAR MARAŞLI
ŞUBAT 2022

**DÜŞÜK YOĞUNLUKLU MARSHMELOWLARDA HAVALANDIRMA VE
STABİLİZASYON AJANI OLARAK KULLANILAN SIĞIR JELATİNİ
YERİNE *Spirulina platensis* KULLANILMASI**

Gaziantep Üniversitesi

Biyoloji

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ

Serdar MARAŞLI

ŞUBAT 2022



©2022[Serdar MARAŞLI]

**DÜŞÜK YOĞUNLUKLU MARSHMELOWLARDA HAVALANDIRMA VE
STABİLİZASYON AJANI OLARAK KULLANILAN SIĞIR JELATİNİ
YERİNE *Spirulina platensis* KULLANILMASI**

başlıklı bu çalışma, **Serdar MARAŞLI** tarafından hazırlanmış ve yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Gaziantep Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde** Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet İshak YÜCE
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

Prof. Dr. Canan CAN
Bölüm Başkanı

.....

Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ
Biyoloji
Gaziantep Üniversitesi

.....

Mezuniyet Tarihi: 25 Ocak 2022

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ
Danışman, Biyoloji
Gaziantep Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Muhittin DOĞAN
Biyoloji
Gaziantep Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Zafer ÇETİN
Tıbbi Biyoloji
Sanko Üniversitesi

.....

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilmek suretiyle tezde yer aldığını beyan ederim.

Serdar MARAŞLI

ABSTRACT

TO USE OF *Spirulina platensis* INSTEAD OF BOVINE GELATINE AS AERATION AND STABILIZING AGENT IN LOW DENSITY OF MARSHMALLOW

MARAŞLI, Serdar

Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ

January 2022

88 pages

Confectionery products are widely consumed in the world among all age groups and by individuals from different socio-economic status. Consumer's food choices; different motivations such as product-health relationship, sustainability and environmental friendliness. Marshmallow is a low density (aerated) soft confectionery product. The most common stabilizer used for reducing density and textural stability is bovine gelatine of animal origin. *Spirulina platensis* is a microalgae species that has been approved for use as a natural food additive and has the most common production and consumption in the world. It is preferred in food and pharmacological products due to its positive effects on health. The aim of this study is to use an innovative approach in aerated confectionery on the potential of using proteins, which are the major components of *S. platensis*, as stabilizers; to determine the effect of hydration temperature, gelatine substitution ratio and marshmallow aeration temperature. *Spirulina platensis* biomass at different concentrations (25%, 50%, 75%, and 100%) as a substitute for bovine gelatine was used in the marshmallow product in the study. Effects of various hydration temperatures (30°C, 60°C, and 80°C), aeration temperatures (40°C and 50°C) on 13 samples were assessed according to the factorial experiment plan. Density, humidity, pH, water activity, color, texture and microstructure analyzes of samples were evaluated. Results of this study indicated that the *S. platensis* biomass, preparation temperature of *S. platensis* biomass solution, and the marshmallow aeration temperature had a significant effect on the marshmallow density ($P<0.05$). The sample in which the *S. platensis* biomass prepared at 80°C replaced the gelatin by 25% in the marshmallow composition obtained as a result of the aeration process at 40°C had the lowest density (0.474 g/cm³) ($P<0.05$). It can be stated that it is possible to develop marshmallows with consumer acceptable features with partial replacement (25-50%) rather than complete replacement of the gelatine used in marshmallows with the use of this microalgae biomass.

Key Words: Marshmallow, Gelatine, *Spirulina platensis*, Stabilizer

ÖZET

DÜŞÜK YOĞUNLUKLU MARSHMELOWLARDA HAVALANDIRMA VE STABİLİZASYON AJANI OLARAK KULLANILAN SIĞIR JELATİNİ YERİNE *Spirulina platensis* KULLANILMASI

MARAŞLI, Serdar

Yüksek Lisans Tezi,

Danışman: Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ

Ocak 2022

88 sayfa

Şekerleme ürünleri, tüm yaş grupları arasında ve farklı sosyo-ekonomik statüden bireyler tarafından dünyada yaygın olarak tüketilmektedir. Tüketicilerin gıda seçimlerini; ürün-sağlık ilişkisi, sürdürülebilirlik ve çevre dostu gibi farklı motivasyonlar etkilemektedir. Marshmallow düşük yoğunluklu (havalandırılmış) yumuşak bir şekerleme ürünüdür. Yoğunluğun düşürülmesi ve tekstürel stabilite için kullanılan en yaygın stabilizatör hayvansal orjinli sığır jelatindir. *Spirulina platensis* doğal gıda katkısı olarak kullanımı onaylanmış, dünyada en yaygın üretimi ve tüketimi olan bir mikroalg türüdür. Sağlık üzerine olumlu etkilerinden dolayı gıda ve farmakolojik ürünlerde tercih edilmektedir. Bu çalışmanın amacı, havalandırılmış şekerlemelerde yenilikçi bir yaklaşım kullanılarak *S. platensis* majör bileşeni olan proteinlerin, stabilizatör olarak kullanım potansiyeline; hidrasyon sıcaklığı, jelatin ikame oranı ve marshmallow havalandırma sıcaklığının etkisinin belirlenmesidir. Çalışmada marshmallow ürünüde kullanılan sığır jelatini ikamesi olarak farklı konsantrasyonlarda (%25, %50, %75, %100) *S. platensis* biyokütlesi, farklı hidrasyon sıcaklıklarında (30°C, 60°C, 80°C), farklı havalandırma sıcaklıklarında (40°C, 50°C) faktöriyel deneme planına göre ilave edilerek kontrol ile birlikte 13 örnek hazırlanmıştır. Bu örneklerde; yoğunluk, nem miktarı, pH, su aktivitesi, renk, tekstür ve mikro yapı analizleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, stabilizatör olarak kullanılan *S. platensis* biyokütlesi konsantrasyonu, *S. platensis* biyokütlesi çözelti hazırlama sıcaklığı ve marshmallow havalandırma sıcaklığının marshmallow yoğunluğu üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). 80°C’de hazırlanan *S. platensis* biyokütlesinin 40°C’de havalandırma işlemi uygulanması sonucu elde edilen marshmallow bileşiminde jelatini %25 oranında ikame ettiği örnek en düşük yoğunluğa (0.474 g/cm³) sahip olmuştur ($P<0.05$). Marshmallowda kullanılan jelatinin bu mikroalge ait biyokütlenin kullanımı ile tamamen ikamesinden öte kısmi ikamesi ile (%25-50), tüketici tarafından kabul edilebilir özelliklere sahip marshmallow geliştirilmesinin mümkün olabileceği belirtilebilir.

Anahtar Kelimeler: Marshmallow, Jelatin, *Spirulina platensis*, Stabilizatör

TEŞEKKÜR

Tez süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini, bilgisini benden esirgemeyen ve çalışmamda çok büyük emeği olan, Gaziantep Üniversitesi öğretim üyelerinden danışman hocam, sayın Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ'ye sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında desteklerini benden esirgemeyen değerli ETİ Gıda Ar-Ge Merkezi çalışma arkadaşlarım Sultan DEMİRCİ, Yusuf DEMİR, Ceren ELMACI, Ali Caner ÇELİK, Aslı OYGUR ve Elif KAPLAN'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında destekleri, sabırları ve anlayışları için sevgili eşim Gülçin, oğlum Ali Enes ve kızım Gülsüm Su'ya minnettarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ABSTRACT	v
ÖZET	vi
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
BÖLÜM I: GİRİŞ	1
BÖLÜM II: LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1 Marshmallow ve Genel Özellikleri	4
2.1.1 Marshmallow Üretimi	6
2.1.2 Marshmallow Bileşenleri.....	9
2.1.2.1 Şeker şurupları.....	9
2.1.2.2 Jelleştirme Ajanları ve Stabilizatörler	11
2.1.3 Marshmallow Üretiminde Havalandırma ve Stabilizasyon.....	12
2.1.4 Marshmallow Kalite Problemleri	13
2.2 Jelatin ve Genel Özellikleri	18
2.2.1 Jelatin Üretimi	19
2.2.2 Jelatin Kimyasal Yapısı.....	19
2.2.3 Jelatin Fiziksel Özellikleri.....	21
2.2.4 Jelatinin Şekerleme Ürünlerde Kullanımı	22
2.3 Mikroalgler ve Genel Özellikleri.....	24
2.3.1 <i>Spirulina platensis</i> Üretimi ve Genel Özellikleri	29
2.3.2 <i>Spirulina platensis</i> ve Sağlık İlişkisi	31
2.3.3 <i>Spirulina platensis</i> Protein İzolatları	34
2.4 Literatür Özeti	39
BÖLÜM III: MATERYAL METOD.....	44
3.1 Materyal.....	44
3.1.1 <i>Spirulina platensis</i> Biyokütlesi	44
3.2 Örnek Hazırlama	45

3.2.1 Çalışma Modeli	45
3.2.3 Marshmallow Şekerleme Örneklerinin Hazırlanması	46
3.4 Analiz Çalışmaları	51
3.4.1. Fiziko-Kimyasal Analizler	51
3.4.1.1 Yoğunluk	51
3.4.1.2 Nem Tayini	52
3.4.1.3 Su Aktivitesi Tayini.....	52
3.4.1.4 pH Tayini.....	52
3.4.2 Renk Analizleri.....	52
3.4.3 Mikroyapı Tayini.....	53
3.4.4 Tekstür Analizi	53
3.4.5 İstatistiksel Analiz	53
BÖLÜM IV: BULGULAR VE TARTIŞMA	54
4.1 Yöntem ve Ön-İşlemlerin Geliştirilmesi	54
4.2 Marshmallow Şekerleme Örneklerinin Fiziko-Kimyasal Özellikleri.....	59
4.3 Renk Özellikleri.....	62
4.4 Marshmallow ve Tekstür: Sertlik	65
4.5 Mikroyapı Özellikleri	66
BÖLÜM V: SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	75

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1	Bazı şekerleme ürünlerine ait nem miktarı ve su aktivitesi özellikleri	5
Tablo 2.2	Tek ve İki Adımlı Marshmallow Prosesleri.....	7
Tablo 2.3	Bazı mısır şuruplarının genel özellikleri	11
Tablo 2.4	Marshmallow bazı kalite problemleri ve çözüm önerileri	15
Tablo 3.1	<i>Spirulina platensis</i> sınıflandırılması.....	44
Tablo 3.2	Birinci Aşama Deneme Planı.....	45
Tablo 3.3	İkinci Aşama Deneme Planı.....	46
Tablo 3.4	Üçüncü Aşama Deneme Planı.....	46
Tablo 3.5	Marshmallow örneklerinin bileşimi (g/100 g).....	49
Tablo 4.1	Marshmallow örneklerinin yoğunlukları.....	55
Tablo 4.2	Marshmallow örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri.....	60
Tablo 4.3	Marshmallow örneklerinin renk özellikleri (L*, a* ve b*).....	64
Tablo 4.4	Marshmallow örneklerinin renk özellikleri (Kroma ve Hue Açısı).....	64
Tablo 4.5	Marshmallow örneklerinin tekstür özellikleri.....	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Oakes Bıçaklı Karıştırıcı Sistem	9
Şekil 2.2 Jelatin/Kolajen	20
Şekil 2.3 Buzağı derisindeki jelatinin amino asit kompozisyonu	21
Şekil 2.4 Mikroalg hücresi	24
Şekil 2.5 Mikroalg endüstrisi	25
Şekil 2.6 Açık sistem üretim havuzları	26
Şekil 2.7 Kule tipi ve yatay tasarımlı ft.biyokt sistemleri	27
Şekil 2.8 Azteklerin mavi yeşil alglerden kek üretimi	29
Şekil 2.9 <i>Spirulina platensis</i>	30
Şekil 2.10 <i>S. platensis</i> protein izolatı camsı geçiş sıcaklığı ile ortam pH değeri ve şeker konsantrasyonunun ilişkisi	35
Şekil 2.11 <i>S. platensis</i> protein izolatı ortam pH değeri ile çözelti viskozitesi ilişkisi	36
Şekil 2.12 <i>S. platensis</i> protein izolatı çözeltisi için sıcaklık – viskozite ilişkisi	37
Şekil 2.13 <i>S. platensis</i> prt. izolatı esaslı jel yapının els. modül değeri üzerinde sıcaklık ve sürenin etkisi	38
Şekil 3.1 Karıştırma mikseri	47
Şekil 3.2 Çırpıcı başlık ve yoğunluk ölçme kabı	47
Şekil 3.3 Depozit edilmiş referans marshmallow örneği ve yoğunluk ölçümü	48
Şekil 3.4 Marshmallow referans ve deneme örneklerinin hazırlanması	49
Şekil 3.5 DD7 kodlu marshmallow örneği	50
Şekil 3.6 DD8 kodlu marshmallow örneği	50
Şekil 3.7 DD9 kodlu marshmallow örneği	51
Şekil 3.8 Yoğunluk ölçme kabı	51
Şekil 4.1 DD1 ve DD2 marshmallow örnekleri	56
Şekil 4.2 DD3 ve DD4 marshmallow örnekleri	56
Şekil 4.3 DD5 ve DD6 marshmallow örnekleri	57
Şekil 4.4 DD7 ve DD8 marshmallow örnekleri	57

Şekil 4.5	<i>S. platensis</i> biyokütlesinin stabilizatör olarak kullanımının marshamallow yoğunluğu üzerindeki etkisi	58
Şekil 4.6	DD3 ve DD4 marshammallow örnekleri	59
Şekil 4.7	Kontrol örneği mikroyapısı (100x)	67
Şekil 4.8	Kontrol örneği mikroyapısı (200x)	67
Şekil 4.9	DD2 örneği mikroyapısı (100x)	69
Şekil 4.10	DD3 örneği mikroyapısı (100x)	69
Şekil 4.11	DD7 örneği mikroyapısı (100x)	71
Şekil 4.12	DD8 örneği mikroyapısı (100x)	71
Şekil 4.13	DD9 örneği mikroyapısı (100x)	72
Şekil 4.14	DD10 örneği mikroyapısı (100x)	72

KISALTMALAR LİSTESİ

DD	: Deneme Deseni
DE	: Dextrose Equivalent
DHA	: Dokosaheksaenoik asit
DSC	: Differential Scanning Calorimetry
EFSA	: European Food Safety Authority
EPA	: Eikozapentaenoik Asit
ERH	: Equal Relative Humidity
FDA	: U.S. Food and Drug Administration
GLA	: Gamma Linoleik Acid
Gş.	: Glikoz Şurubu
HFCS	: High Fructose Corn Syrup
PUFA	: Polyunsaturated Fatty Acid
Sp.	: <i>Spirulina platensis</i>
Tg.	: Glass Transition Temperature
TPA	: Texture Profile Analysis
µm	: Mikrometre

BÖLÜM I

GİRİŞ

Şekerleme ürünleri, tüm yaş grupları arasında ve farklı sosyo-ekonomik statüden bireyler tarafından dünyada yaygın olarak tüketilen gıda maddelerindendir. Bu nedenle, farklı biyoaktif bileşenlerin tüketicilere gıda bileşimlerinde yer alacak şekilde dağıtımı ve ulaştırılması için yüksek potansiyele sahiptirler. Bu gıda maddeleri özellikle tekstürel nitelikleri ve ana bileşenleri esas alınarak sert, yumuşak, jelly ve köpüklü (örneğin: marshmallow) ile çikolata ve türevleri ile sakız kategorileri altında sınıflandırılabilir (Konar vd., 2016). Bunlar arasında köpüklü şekerlemeler, karakteristik özellikleri yanı sıra teknolojik uygulamalarda prosess ve bileşen özelliklerinin büyük öneme sahip olması ile öne çıkmaktadırlar. Aynı zamanda şekerleme ürünleri pazarında özellikle jelleştirilmiş tekstüre sahip olan ürünler, en hızlı büyüme gösteren pazar payına sahip gıdalar arasında (De Mars ve Ziegler, 2001) bulunması, bu ürün grubu ve marshmallow gibi yaygın tüketilen şekerlemelere dair araştırmaların önemini arttırmaktadır.

Şekerleme ürünlerini tüketen tüketiciler, bu ürünlerin daha sağlıklı, düşük şekerli ve düşük kalorili üretilmelerini beklemleri dışında, bu ürünlerin tekstürel ve görünüm açısından da yenilikler içermesini beklemektedirler (Periche vd., 2014). Bununla birlikte şekerleme ürünlerinde şeker, jelatin ve renklendiricilerin azaltılması ya da doğal bileşenler veya alternatif dolgu maddeleriyle ikame edilmesine yönelik önemli beklenti ve talepler de bulunmaktadır (Ramos, 2017). Bu yaklaşım nedeni ile reformülasyon çalışmaları gerçekleştirilmesi, biyoaktif bileşen özelliği taşıyanlar yanı sıra teknolojik fonksiyonları ile ürünün karakteristik özelliklere sahip olmasını sağlayan, ancak tüketiciler nezdinde “sorgulanabilir” özelliğe sahip bileşenlerin, “yenilikçi”, “doğal” ve özellikle “bitkisel” kaynaklardan elde edilenler ile ikamesi gerekmektedir. Ancak bu kapsamda yürütülen araştırma sayısı oldukça kısıtlıdır.

Marshmallow, düşük yoğunluğu ve özgün tekstürel özellikleri yanı sıra poroz yapısı ile karakterize, nem içeriği, bileşenleri ve proses çeşitliliğine göre depozit ve ekstrüde olarak sınıflandırılan bir yumuşak şekerleme ürünüdür. Ekstrüde ve depozit sınıflandırılmalarına ilave olarak içerdiği şekerin kısmi kristallenmesi ya da kristallenmemesi özelliğine göre de sınıflandırmak mümkündür (Hartel vd. 2018). Karakteristik tekstürel özelliklerinin düzenlenmesi ve daha stabil bir yapıya ulaşılması için başta jelatin olmak üzere hidrokolloid veya hidrokolloid stabilizatörlerinin kombinasyonları kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan jelatin dışındaki hidrokolloid stabilizatörlerin bazıları ise yumurta akı tozu, süt proteinleridir. Dolayısı ile özellikle hayvansal orijinli bileşenler, marshmallow karakteristik özelliklerine ulaşmak için kullanılmakta, ancak aynı zamanda bu bileşenler orijinleri nedeni ile bazı tüketicilerin marshmallowa negatif tutum göstermesine de neden olabilmektedir. Bu tüketiciler arasında vegan diyet uygulayanlar yanı sıra Helal ve Kosher ürün tüketicilerinden bazıları yer almaktadır. Dolayısı ile, ilgili tüketici gruplarının beklentilerini karşılayabilecek, aynı zamanda ikame edecekleri stabilizatörlerin teknolojik fonksiyonlarını yerine getirebilecek, bitkisel orijinli ve yenilikçi marshmallow bileşenlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu bileşenler için potansiyel bir kaynak ise mikroalglerdir.

Spirulina platensis dünyada yaygın yetiştirilen ve tüketilen bir mikroalg türü olmasının (Spolaore vd., 2006; Vigani vd., 2015) yanı sıra, EFSA (European Food Safety Authority) ve FAD (Food and Drug Administration) gibi kamu otoritelerince kullanımı onaylanmış bir doğal gıda katkı ve bileşenidir (Lafarga vd., 2021). Bu mikroalg türü, Cyanoprokaryota grubunda yer alan çok hücreli, filamentli bir yapıdadır (Borowitzka ve Borowitzka, 1992; Komárek ve Anagnostidis, 1999; Çelekli vd., 2009). *Spirulina platensis* biyokütlesi kuru madde üzerinden yaklaşık %60-70 oranında protein içermekte olup, ayrıca çoklu-doymamış yağ asitleri, mineraller ve pigmentler de bileşiminde yer almaktadır (Bhowmik vd., 2009; Hoseini vd., 2013a; Hoseini vd., 2013b; Çelekli vd., 2016). Son dönemlerde yapılan bilimsel çalışmalar farklı mikroalg türlerinin beslenme ve sağlık üzerinde olumlu etkilerine dair sonuçlar ortaya koymuştur. Bunlar arasında *Spirulina* türleri içerdikleri yüksek miktardaki biyoaktif bileşenler ve kültüre alınma ile verimli üretimin mümkün olması nedeni ile gıda ve farmakolojik ürünlerde diğer mikroalgelere göre daha çok tercih edilmektedir. Yaygın kullanımda *S. platensis* biyokimyasal kompozisyonu nedeni

ile sağlık üzerine olumlu etkilerine bağlı olarak fonksiyonel gıda geliştirme çalışmalarında tercih edilen mikroalg türleri arasında yer almaktadır. Biyoaktif bileşikler içeren gıdalar ve bir yada birden fazla fonksiyonel fayda sağlayan gıdalar “Fonksiyonel Gıda” olarak tanımlanmaktadır (Plaza vd., 2008; Lordan vd., 2011; Rogovská ve Čukanová, 2015). Çeşitli bilimsel çalışmalar *Spirulina* türlerinin; anti-kanserojen aktivite, bağışıklık sistemini güçlendirici ve destekleyici etki, kardivasküler sistem destekleyicisi özellik, şeker alımı ve salınımının modifikasyonu, antiviral aktivite gibi fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine odaklanmıştır (Kim vd., 1998; Bermejo vd., 2008; Yakoot vd., 2012). Bu mikroalg türlerinin teknolojik fonksiyonlarını inceleyen çalışma sayısı ise oldukça kısıtlı sayıdadır. Mevcut çalışmalar ise endüstriyel uygulamalar ile paralellik göstermekte olup, içerdіđi pigmentler nedeniyle doğal renklendirici olarak gıdalarda kullanımına yöneliktir.

Bu çalışma ise, yenilikçi bir yaklaşım kullanılarak *S. platensis* majör bileşeni olan proteinlerin, yüzey aktif ve jelleştirme ajanları olarak kullanım potansiyelini belirlemeye yönelik gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla model gıda olarak düşük yoğunluğa sahip marshmallow belirlenmiş, hayvansal orijinli bir şekerleme ürünü bileşeni olan jelatinin tamamen veya kısmi ikamesi olarak kullanım potansiyeli incelenmiştir. Özgün bir araştırma olarak elde edilen verilerin hem bilimsel literatüre hem de endüstriyel uygulamalara katkı sunması amaçlanmıştır.

BÖLÜM II

LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Marshmallow ve Genel Özellikleri

Marshmallow, “Pate de Guimauve“ ismi ile Fransa’nın Marshy bölgesinde yetişen ve gülhatmi bitkisine benzeyen *Althaea officinalis* (Hatmi çiçeği) bitki kökü öz suyunun yumurta ve şeker ile karıştırılıp köpüklendirilmesi ve kıvamının geliştirilmesi ile ilk olarak Fransa’da üretilmiştir (Lees & Jackson, 1973). Günümüzde tekstür özelliklerinin düzenlenmesi ve daha stabil bir yapıya ulaşılması için başta jelatin olmak üzere hidrokolloid veya hidrokolloid stabilizatörlerinin kombinasyonlarının *Althaea officinalis* kökü yerine kullanımı ile üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla kullanılan jelatin dışındaki hidrokolloid stabilizatörlerin bazıları ise yumurta akı tozu, süt proteinleridir. Ayrıca farklı tekstürel özelliklere sahip ürün elde edilmesi için çeşitli gum maddeleri veya nişasta ürünleri de kullanılmaktadır (Mardani vd., 2019).

Bir başka tanımlama olarak; Marshmallow, düşük yoğunluğu ve özgün tekstürel özellikler yanı sıra poroz yapısı ile karakterize, nem içeriği, bileşenleri ve proses çeşitliliğine göre depozit ve ekstrüde olarak sınıflandırılan bir yumuşak şekerleme ürünüdür. Ekstrüde ve depozit sınıflandırılmalarına ilave olarak içerdiği şekerin kısmi kristallenmesi ya da kristallenmemesi özelliğine göre de sınıflandırmak mümkündür (Hartel vd., 2018).

Marshmallow karakteristik özelliklerinden en önemli iki unsurdan biri aerasyona uğratılması diğeri ise nem miktarı düzeyi ve bunun tekstürel özellikler üzerindeki etkisidir (Periche vd., 2015). Hava, marshmallow hacmini arttırmak ve yoğunluğu düşürmek ve istenilen tekstürel özelliklere sahip ürün elde etmek açısından, rutubet ise akış özellikleri üzerindeki etkisi nedeni ile marshmallow üretim sürecine ve ayrıca tekstürel ve duyuşal özellikler üzerindeki etkisi nedenleri ile önem taşırlar (Mardani vd., 2019). Marshmallow temelde dört ana bileşenden oluşmaktadır; sakaroz, mısır

şurubu, stabilizatör hidrokoloid ve su (Hartel vd., 2018). Ürünün karakteristik özellikleri üzerinde belirleyici olan havalandırma (aerasyon) esas alındığında ise iki bileşen grubu olarak kategorize etmek mümkündür; havalandırma karışımı ve havalandırma ve stabilizasyon yardımcıları. Havalandırma karışımı şeker şurupları; mısır şurupları [farklı deskroz eşdeğerlikteki (DE) glikoz şurupları, yüksek fruktozlu mısır şurubu (HFCS), maltoz şurubu, sorbitol vb.] ile diğer şeker kaynakları (invert şeker ve sıvı şeker) olarak belirtilebilir. Havalandırmaya yardımcı karışım, bir diğer ifade ile stabilizatörler olarak farklı hidrokoloidler kullanılabılır. Bunlara örnek olarak, farklı bloom değerlerinde sığır jelatini, yumurta akı tozu (albümin), süt ya da soya proteinleri bunlara örnek verilebilir (Schrieber ve Gareis, 2007). Marshmallow ayrıca havalandırılmış yumuşak şekerleme olarak da tanımlanabilir. Son ürün yoğunluğu; 0,25 – 0,70 g/cm³ arasında değişkenlik gösterebilmekte olup, bu değer marshmallow çeşiti yanı sıra, üretim yöntemi, ekipman ve proses parametresi seçimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Nem miktarı ise, son ürün hedeflenen kullanım özelliği ile birlikte hedeflenen tekstürel parametrelere bağlı olarak 10.0-30.0 g/100 g düzeylerindedir (Subramainiam, 2016). Bazı şekerleme ürünlerine ait nem miktarı ve su aktivitesi değerleri Tablo 2.1’de yer almaktadır. Marshmallow gibi ürünlerin diğer şekerlemelere göre daha yüksek nem miktarı ve ERH değeri bulunmaktadır. Depolama sırasında nem kaybı hava hücrelerinin çökmesine ve dolayısıyla üründe bozulmalara neden olabilir. Erken oluşan ürün büzülmesi, havalandırılmış yapının stabil olmadığı koşullarda meydana gelerek raf ömrünün kısalması ile sonuçlanır (Hartel vd., 2018).

Tablo 2.1 Bazı şekerleme ürünlerine ait nem miktarı ve su aktivitesi özellikleri (Hartel vd., 2018)

Şekerleme	Nem (g/100 g)	Su Aktivitesi
Sert şekerleme	2-5	0-25-0,40
Karamel, fudge, toffee	6-18	0,45-0,60
Çiğnenebilir şekerleme	6-10	0,45-0,55
Nuga	5-10	0,40-0,65
Marshmallow	10-30	0,60-0,75
Gummy ve Jelly	8-22	0,50-0,75
Fondan	10-18	0,65-0,80
Sakız-Ciklet	3-6	0,40-0,65
Yumuşak draje kaplamalar	3-6	0,40-0,65
Sert draje kaplamalar	0-1	0,40-0,75
Tabletler ve Pastiller	0-1	0,40-0,75

Marshmallow tüketici beklentilerine göre renklendirilebilir ve aromalandırılabilir (Ginting vd., 2014). Bu durumda, aerasyonun ardından, istenen görsel ve duyuşal özellikleri düzenlemek için renklendirici ve aroma maddeleri gibi bileşenler ilave edilir. Ko-ekstrüzyon teknolojisi, çok renkli marshmallow halat veya sarmalları veya ekstrem dizayna sahip son ürün amaçlı kullanılabilir. Ekstrüde marshmallow ürünleri başka bir yardımcı gıda bileşeni olmadan genelde renkli ve aromalı olarak tüketicilere arz edilirler. Depozite marshmallow ürünleri ise yardımcı gıda bileşenleri ile örneğin bisküvi, kek, çikolata ile hibrid ürün kombinasyonlarında tüketicilere arz edilirler (Schrieber ve Gareis, 2007).

2.1.1 Marshmallow Üretimi

Farklı türler için bazı değişiklikler olsa da, tüm havalandırılmış şekerlemelerin üretimi genellikle aynı süreci takip eder. Önce sürekli fazı oluşturan şeker kitlesi karıştırılır ve istenilen su içeriğine kadar ısı işlem uygulanır. Tipik olarak stabilizatör, şeker kitlesi hafifçe soğuduktan sonra eklenir. Çünkü sıcaklık çok yüksekse stabilize edici ajan olarak kullanılan proteinlerin denatürasyonu ve/veya degradasyonu, meydana gelebilir. Çok sayıda havalandırma tekniği bulunmaktadır. Havalandırılmış şekerlemeler hava enjeksiyonu ile ekstrüde edilebilir, çırpıcılar bulunan tanklarda proses gerçekleştirilebilir, pulling uygulanabilir veya kimyasal olarak havalandırılabilir. Aerasyon sırasındaki viskozite ve ajitasyon yoğunluğu hava hücrelerinin yapısal özelliklerini (hava kabarcıklarının boyut dağılımı gibi) etkiler. Jelatin gibi bazı stabilizatörlerde doğru katılaşmayı sağlamak için sıcaklık kontrolü büyük öneme sahiptir. Havalandırmanın ardından, istenen görsel ve duyuşal özellikleri düzenlemek için renklendirici ve aroma maddeleri gibi bileşenler ilave edilir. Havalandırılmış kitleden şekerlemelerin şekillendirilmesi; (1) nişasta veya silikon gibi malzemelerden imal edilen kalıplara depozite edilerek (2) bir şekillendirme kalıbı yoluyla ekstrüzyonla, (3) kesikli silindirik sistemler aracılığıyla şekerleme halatları oluşturup istenilen şekillerde kesilerek, (4) şekerleme kitlesini yayılması ile oluşturulan tabakalara kalıpların bastırılması ve kesilmesi ile gibi farklı teknikler uygulanarak gerçekleştirilebilir (Schrieber ve Gareis, 2007; Periche vd., 2015; Hartel vd., 2018; Mardani vd., 2019). Ayrıca, yukarıda bahsedilen ve marshmallowu oluşturan havalandırma işlemi esaslı iki temel bileşen grubu, iki ayrı proses ile üretilebilir. Sonrasında bu iki farklı bileşende farklı yöntemler kullanılarak birbirileri

ile belirli oranlarda karıştırılması ve ardından havalandırılma işlemi sonrası düşük yoğunluklu marshmallow gibi şekerlemeler elde edilebilir. Bu proses yaklaşımı, “tek adımlı proses” olarak da tanımlanmaktadır. Bununla birlikte havalandırma ajanı veya stabilizatör olarak tanımlanan bileşenin su ile karıştırılmasıyla köpük oluşturulup ardından ısıtma işlemine maruz tutularak kuru madde oranı artırılmış şeker şuruplarına belirli oranlarda karıştırılarak da marshmallow üretilebilir. Bu proses ise “iki adımlı proses” olarak tanımlanmaktadır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Tek ve İki Adımlı Marshmallow Prosesleri

Ürün / Aşama	Proses Tipi	Özgül Yoğunluk (g/cm ³)	Toplam Suda Çözünür Kurumadde (°Bx)
Frappé	Tek Adımlı	0,35-0,50	70-80
Angel or Negro Kiss	İki Adımlı	0,17-0,25	75-80
Snowballs	İki Adımlı	0,25-0,35	75-82
Marshmallow	Tek Adımlı	0,35-0,45	75-82
Deposited Marshmallow	Tek Adımlı	0,45-0,50	76-82
Extruded Marshmallow	Tek Adımlı	0,25-0,35	75-80
Grained Marshmallow	Tek Adımlı	0,50-0,70	78-84
Nougat	İki Adımlı	0,80-0,90	82-92
Fondant Cream	İki Adımlı	0,60-0,85	88-94
Fruit Caramel	İki Adımlı	0,80-0,90	82-92

Tek adımlı marshmallow üretim prosesinde, sakaroz ve diğer şeker türevleri (invert şeker, glikoz, fruktoz ve/veya maltoz şurupları) belirli bir suda çözünür kuru madde değeri esas alınarak ve yine istenen bir suda çözünür kuru madde oranına ulaşmaya kadar 100 – 110°C arasında ısıtma işlemi uygulanır. Bu işlem için açık karıştırıcılı tanklar atmosfer basıncı altında olabileceği gibi kapalı sistemlerde vakum altında da, sürekli veya kesikli sistemler kullanılabilir. Yine ısıtma işlemi için enerji kaynağı olarak, elektrik, doğal gaz, kızgın yağ gibi enerji kaynakları kullanılabilir. Bu proses tercihleri üreticinin kapasitesi, üretim altyapısı, üretim kapasitesi ve/veya son ürün hedeflenen özelliklerine göre değişkenlik gösterebilir (Minifei, 1989).

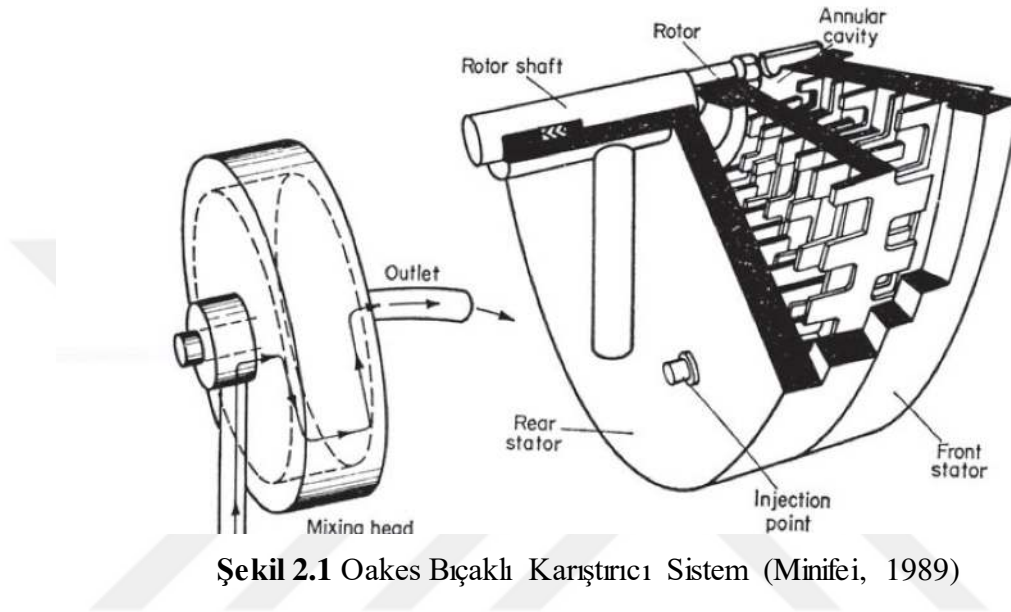
Hava hücrelerini şekerlemelerde stabilize etmek için tipik olarak bir stabilizatör ajanı (yani jelatin, soya proteini, süt proteini veya yumurta albümini) kullanılır. Havalandırma sırasında bu stabilizatör proteinlerin varlığı, hava kabarcıklarının oluşumunu teşvik eder ve bunların birleşmelerini önler. Sonuç olarak bir şeker matrisi (sürekli faz) içinde iyice ve homojen dağılım gösteren hava kabarcıklarından oluşan

köpüklü bir yapıya ulaşılır. Diğer stabilizatörler arasında modifiye nişastalar, gum arabik, agar ve aljinatlar yer alır. Her bir stabilizatör şekerlemeye kendine özgü, karakteristik tekstürel özellikler kazandırır. Örneğin marshmallowun elastik yapısı jelatinin kazandırdığı tekstürel özelliklerin sonucudur (Ge vd., 2021).

Jelatin, marshmallow bileşiminde kullanılan en yaygın stabilizatördür. Ancak yumurta albümini, süt proteini ve soya proteini de kullanılabilir. Jelatin, benzersiz bir elastik tekstür sağladığından şekerlemelerde en yaygın stabilizatör olması ile birlikte kazandırdığı bu tekstürel özellikler jelatin bloom değeri ve kullanılan jelatin miktarı seçimi ile modifiye edilebilir. Tanesiz marshmallow şekerlemelerde daha yüksek seviyelerde (%4-6) kullanılan düşük bloom değerine sahip (125) jelatin çiğnenebilirlik özelliği geliştirilmiş bir tekstür sağlarken, daha düşük seviyelerde (%2.5-4.0) kullanılan yüksek bloom değerine sahip (250) jelatin, daha short bir tekstür kazandırır. Taneli marshmallow için düşük bloom değerine sahip jelatin %2.5-4.0 düzeylerinde kullanılır (Schrieber ve Gareis, 2007; Artamonova vd., 2017; Mardani vd., 2019). Jelatin, kendi kütlesinin 3-4 katı ağırlığa sahip olan sıcak suda yada soğuk suda (65-70°C) çözündürüldükten sonra marshmallow üretimi yapılabilir. Bu değerlerin belirlenmesinde, son ürün hedeflenen özellikleri dikkate alınmalıdır (Schrieber ve Gareis, 2007). Bu çalışmada jelatinin sıcak suda çözündürme prensibi ile marshmallow örnekleri hazırlanmıştır

İstenilen kuru maddeye getirilmiş şeker şurubu ve suda çözündürülmüş jelatin çözeltisi belirli oranlarda açık yada kapalı bir sistemde belirli bir sıcaklıkta yüksek devirde karıştırılarak karışımın içerisine hava alınır ve karışımın yoğunluğu düşürülür. Bu yöntem kesikli karıştırma olarak gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Minifie, 1989). Bununla birlikte, kapalı sistemlerde atmosfer basıncından yüksek basınçlarda dönen yüzlerce bıçak yardımı ile ve sisteme hava verilerek istenilen yoğunluklarda marshmallowlar da üretilebilir (Şekil 2.1). Bu teknoloji uzun yıllardır gıda işletmelerinde kullanılan teknolojidir (Hartel vd., 2018). Bu sistemin ayrıca proses kontrolü için avantajları yanı sıra ürün stabilitesine katkısı da bulunmaktadır. Sistem değişkenleri olarak farklı şeker şurupları akış debileri, jelatin ve/veya diğer stabilizatör hidrokoloidlere ait çözeltilerin akış debileri, uygulama basıncı, havalandırma amaçlı hava akış debisi ve dönen bıçakların hızları belirtilebilir. Kullanılan hava yerine azot veya CO₂ kullanımı da tercih edilebilir. Çok hassas

ürünlerde beating işlemi sırasında havanın azot veya karbon dioksit kullanılarak ikame edilmesi sonucu oksidasyon en az düzeye indirilebilir. Ancak bu gazların üründe bazı bozulmalara da neden olabileceği dikkate alınmalıdır. Çünkü azot ve karbon dioksit yağ fazında çözünür ve karbon dioksit suda çözünür özelliğe sahiptir. Bu durum ise ürün lezzet ve aromasında değişiklikler görülmesine neden olabilir (Subramaniam, 2016).



Şekil 2.1 Oakes Bıçaklı Karıştırıcı Sistem (Minifei, 1989)

Son yıllarda geliştirilmiş olan bıçaklı karıştırıcı sistemlerin kullanımı ile şeker şurubu ve jelatin çözeltisi yada koloidal stabilizatör çözeltileri çırpıcının kafasında farklı debilerde buluşturulabilir ve düşük sıcaklıklarda depozite edilebilirler. Bu yenilikçi yöntem ile marshmallowda görülen bazı kalite problemlerinin de çözümlerine ulaşılabilmektedir. Ürün formülasyonunda renklendirici ve aroma kullanımı açısından da bu sistemin sağladığı avantajlar bulunmaktadır.

2.1.2 Marshmallow Bileşenleri

2.1.2.1 Şeker şurupları

Marshmallowu oluşturan iki temel bileşimden biri, havalandırma karışımı/matriksi diye tanımlanan şeker şuruplarıdır. Sakaroz (sofra şekeri) ve şeker türevleri (invert şeker, glikoz, fruktoz ve maltoz şurupları) marshmallowda toplam suda çözünür kuru madde ayarlaması için kullanılan en önemli bileşenleridir. Marshmallow düşük yoğunluk ile karakterize olan bir şekerleme ürünüdür. Bu bileşen grubu

marshmallowda toplam suda çözünür kuru madde ayarlanması dışında, havalandırmaya yardımcı, humektant özellikleri nedeni ile nem tutma, sinerizisi engelleme amaçları ile de kullanılırlar (Hartel vd., 2018). Genellikle marshmallowlarda şeker kamışı yada şeker pancarı yüksek DE'li glikoz şurupları ile birlikte kullanılır. Fruktoz şuruplarının humektant özelliği diğer monosakkaritlere göre daha fazladır. Bununla birlikte yüksek maltoz şuruplarında kristallenmeyi geciktirici özellikleri ve “sugar bloom” diye bilinen şeker kristallenmesi kalite problemlerini önlemek amacı ile kullanılabilirler. Bir diğer humektant olarak kullanılan şeker alkolü de sorbitoldür. Yine arzu edilen marshmallowlarda invert şekerler, dekstroz monohidrat da kullanılabilir. Tatlılık derecesi marshmallowlarda dikkat edilmesi gereken bir diğer lezzet unsurudur. Bu sebeple şeker şurupları seçiminde belirleyici bir kriter olarak dikkate alınmalıdır (Minife, 1989). Eğer yapıda sakaroz kristallerinin gelişimi istenirse, ürünün re-formüle edilip, sakaroz/glikoz şurubu dengesinin sakaroz lehine değiştirilmesi gerekir. Ayrıca ortama tohum kristal görevi görebilecek bileşenlerin ilavesi de sakaroz re-kristalizasyonunu indükleyici etkiye sahiptir. Bu amaçla kullanılabilecek ajanların başında ise pudra şekeri (icing sugar) ve fondan gelmektedir. Taneli marshmallow tipik olarak şeker şurubu fazında aşırı doymuş bir durum yaratmak için glikoz şurubundan daha yüksek seviyelerde sakaroz içerir. Tanelenme genellikle formlama yani şekillendirme öncesi, önce pudra şekeri veya fondan inokülasyonu yoluyla indüklenir (Periche vd., 2015; Hartel vd., 2018).

Marshmallow üretiminde kullanılabilen bazı mısır şuruplarına ait özellikler, Tablo 2.3'de yer almaktadır (Konar, 2021). Tipik olarak 42 DE glikoz şurubu havalandırılmış şekerlemelerde kullanılmakla birlikte farklı tekstürel özelliklere sahip ürünler elde etmek için diğer glikoz şurupları da kullanılabilir. Örneğin 63 DE glikoz şurubunun kullanılması, biraz daha yumuşak bir tekstür özelliği kazandırabilirken, yüksek maltozlu glikoz şurubu çiğnenebilirlik özelliğini destekler. Düşük miktarlarda invert şeker şurubu ilavesi, depolama sırasında su aktivitesini azaltarak ve nem kaybını önleyerek daha yumuşak bir doku vermek ve nemlendirici özellikler sağlamak amacıyla kullanılabilir.

Tablo 2.3 Bazı mısır şuruplarının genel özellikleri (Konar, 2021)

Özellik	42DE Glikoz Şurubu	42DE Maltoz Şurubu
Kuru Madde Oranı	%80,1	%79,7
Briks Değeri (20°C)	82,4	82,0
Dekstroz Eşdeğeri	42,3	41,2
pH	4,5	4,1
SO ₂ Miktarı	5 ppm	6 ppm
Renk	Renksiz	Renksiz

2.1.2.2 Jelleştirme Ajanları ve Stabilizatörler

Marshmallowu oluşturan iki temel bileşimden biri yukarıda bahsedilen havalandırmaya yardımcı karışımlar olan jelleştirme ajanları ve stabilizatörlerdir. Jelleştirme ajanları olmadan marshmallowun hava alarak yoğunluğunu düşürmek mümkün değildir. Günümüzde kullanılan en yaygın ve etkili jelleştirme ajanı farklı bloom değerlerine sahip olan jelatinlerdir. Jelatin, marshmallow bileşiminde kullanılan en yaygın stabilizatördür. Ancak yumurta albümini, süt proteini ve soya proteini de kullanılabilir. Kullanılan jelleştirme ajanına veya bunlardan oluşturulan kombinasyonlara göre proses parametrelerinde modifikasyonlar uygulanmalıdır (Minifie, 1989).

Jelleştirme ajanlarının temel görevi şeker şurupları ile karıştırıldıklarında havayı şeker kristallerinin içerisinde hapsederek oluşan marshmallowun yoğunluğunu düşürmektir. Jelatin yerine seçilen diğer jelleştirme ajanları farklı avantajlar sağlayabilir (Subramaniam, 2016). Örneğin yumurta akı tozu kullanıldığında proses süresinin kısılması söz konusu olabilir. Yumurta albümini kullanımında öncelikle en az 30 dakika pre-hidrasyon gerçekleştirilir. Albümin:su (1:4) karışımı oluşturulur. Kristal yapıdakiler için pre-hidrasyon süresi 120-180 dakika olup, albümin:su oranı yaklaşık 1:7 olması gerekir. Albumin ısıl hasssiyeti yüksektir. %80'lik şeker çözeltisinde 105-107°C'de, %40 şeker çözeltisinde 65°C'de koagüle olabilir. Yağ içeren formülasyonlarda kullanımı sorun yaratabilir ve aşırı-köpürme koalesans ile sonuçlanır. Süt proteini ve soya proteini hidrolizatları teknolojik olarak benzer şekillerde davranırlar. Isı ve yağ varlığına duyarlılık albuminden daha azdır. Prehidrasyon gerekli olmayıp çözelti hazırlamak için su ile 1:15 düzeyinde karıştırılırlar (Hartel vd.,

2018). Bir patent çalışması sonucunda gliserol asetik asit esterleri yumurta akı tozu ile birlikte kullanılarak daha iyi köpük ve kısa sürede elde edilen marshmallow prosesi geliştirilmiştir (US 2933397). Bir diğer patent ile ise okra gum, trietil sitrat ile birlikte kullanılarak proses süresi %70 oranında kısaltılabilmektedir (US 3219457).

Şekerlemelerde nişasta birçok farklı şekilde kullanılır. Birincil olarak jelly tipi şekerlemelerde yapı oluşturmak için bir jelleştirici madde olarak kullanılır. Bununla birlikte, nişasta granülleri marshmallow, jelly, gummy gibi şekerlemelerde ürünün kalıplanması veya marshmallow tipi şekerlemelerde bir yapışma önleyici ajan olarak kullanılabilir. Jelleştirici olarak kullanıldığında, pişirme sırasındaki jelleşme sıcaklığı önemlidir (Mardani vd., 2019; Schrieber ve Gareis, 2007). Bir diğer karbonhidrat olarak maltodekstrinin jelleştirme ajanı görevi ile marshmallowda kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Maltodekstrin aynı zamanda düşük tatlılık seviyesine sahip olduğu için marshmallowlarda tatlılığın seviyesini düzenlemeye de katkı sunabilmektedir (Minifie, 1989).

Gıda sektöründe jelatin ve yumurta akı tozu yerine kullanılan başlıca diğer jelleştirme ajanları; agar-agar, pektin, soya proteini, gum arabik ve nişasta olarak belirtilebilir (Mardani vd., 2019). Bunlardan nişasta ve agar-agarın şeker şuruplarına eklenmeden önce ısıtma işlemi tabi tutulmaları, marshmallowun yoğunluğunun düşürülmesi için önem taşımaktadır (Jeffery 2001). Stabilizatör ve jelleştirici seçiminde göz önüne alınması gereken diğer faktörler arasında tüketicilerin inanç ve diyet türü gibi nedenler ile olan hassasiyetleri yanı sıra ürünün pazara sunulacağı ülkelerdeki regülasyonlardır. Ülkelere göre değişkenlik gösterebilen regülatif düzenlemeler, gıda üreticilerini farklı jelleştirme ajanları kullanmaya yönlendiren ana kriterler arasında yer almaktadır.

2.1.3 Marshmallow Üretiminde Havalandırma ve Stabilizasyon

Hava, marshmallow hacmini arttırmak ve yoğunluğu düşürmek, dolayısıyla son üründe hedeflenen ve karakteristik tekstürel özellikler elde etmek açısından önem taşımaktadır (Gitting vd., 2014; Artamonova vd., 2017). Farklı marshmallow türlerine ve proses yöntemlerine göre havalandırmayı etkileyen faktörler değişkenlik gösterebilir. Genel olarak şeker şuruplarının toplam suda çözünür kuru madde oranı, bu fazı oluşturan sakaroz ve mısır şuruplarının birbirine oranı, bileşimde yer alan ve neme affinitesi yüksek olduğu için nem tutucu olarak etki gösteren bileşenlerin varlık

ve düzeyleri, jelleştirme ajanında seçilen koloidal ve su ile karışım oranı, dinlendirme veya hidrasyon süresi, ısıl işlem ve stabilizatör veya jelleştirme ajanı ilave sıcaklığı, stabilizatör kombinasyonları kullanımında bunların hangi bileşenlerden oluştuğu ve karışım oranları, marshmallowda havalandırmayı ve stabilizasyonu etkileyen temel faktörlerdir (Minifie, 1989; Periche vd., 2015; Mardani vd., 2019).

Üretim prosesinin sürekli veya kesikli sistem olması ile açık atmosferik basınç veya vakum altında ısıl işlem uygulanması da dikkate alınması gereken faktörlerdir. Sürekli basınçlı çırpıcıdan marshmallow içinde üretilen hava kabarcıklarının boyutu, (1) şurup viskozitesinin bir fonksiyonu olan uygulanan kesme kuvvetleri (sıcaklık ve bileşim), rotor / stator tasarımı (pimler, kafa boyut) ve dönme hızı, (2) çırpma sıcaklığı, (3) şurup pompası hızı ve hava enjeksiyon hızı tarafından yönetilen karıştırma kafası içinde kalma süresi ve (4) karıştırma kafasındaki basınça bağlıdır. Artan kesme kuvveti genellikle daha küçük hava kabarcıklarına yol açar; ancak, mekanik enerji girişi ve serbest bırakılan sürtünme ısısı yoluyla marshmallow kitlesine fazla ısı transfer edilirse, azalan bölgesel viskozite koalesanslara ve nihayetinde daha büyük hava kabarcıklarına yol açabilir. Bu nedenle, sürekli tip aerasyonlarda sıcaklık kontrolü önemlidir. 0,5-0,7 g/mL gibi yüksek yoğunluğa sahip marshmallowlarda ürün uygun boyutlu parçalar halinde kesilerek veya ekstrüder ile aynı hızda çalışan bir taşıma konveyörüne aktararak çıkış yapar. Çıkış sıcaklığı kritiktir, aerasyon işleminden çıkarken konveyörde çökmemesi için jelatinin sertleşmeye başlaması gerekir (Schrieber ve Gareis, 2007; Hartel vd., 2018).

2.1.4 Marshmallow Kalite Problemleri

Marshmallows, küçük hava kabarcıklarının sürekli faz olan şeker çözeltilerini çevrelediği ve protein ve diğer hidrokolloidlerin stabilizasyon benzer yapıdadırlar (Jeffery 2001). Tipik bir marshmallowda ortalama hava kabarcığı boyutu 20 ila 25 µm arasındadır. Ancak kabarcık boyutu yaklaşık 10 µm'den 40 µm'ye kadar değişebilir. Genel olarak marshmallow için en büyük sayıda en küçük boyutlu hava kabarcığı varlığı ile optimum tekstürel özelliklere ulaşılması istenir (Hartel vd., 2018). Ancak hava kabarcıkları kendi doğası gereği belirli bir süre sonra formlarını kaybetme eğilimindedirler. Sıklıkla birbirini etkileyebilen üç farklı köpük destabilizasyon mekanizması ile karşılaşilmektedir. Bu mekanizmalar ürün tipi ve proses koşullarına bağlı olarak meydana gelebilirler (Miquelim vd., 2010). Bunlardan birincisi

oransızlaşma veya Ostwald olgunlaşması olarak tanımlanabilecek büyük hava köpüklerinin küçük olanların kayıpları ile ortaya çıkması durumudur. İkinci mekanizma akışkan şurubun sıvı ve gaz arasındaki yoğunluk farkının etkisi ile sızması veya damlamasıdır. Üçüncü mekanizma köpüklerin arasındaki filmin kırılması sonucu bunların biraraya gelmesi ve koalesans olarak tanımlanabilecek köpük birleşmelerinin ve topluluklarının oluşumudur (Subramaniam, 2016). Marshmallowlarda görülen temel kalite problemi hava kabarcıklarının formlarını değiştirerek kaybolmaları ve sinerizis etkisi denilen su kayıplarıdır. Su kaybeden marshmallowlar sertleşir ve elastikiyet özelliklerinde olumsuz değişimler gerçekleşir. Ayrıca, jelatinin erime noktasının üzerindeki sıcaklıklara maruz kalan marshmallow, erimiş jelatin molekülleri artık viskoz şeker matrisini tutmak için bir ağ sağlayamadığından, şeker şurubunu akıtabilir veya sızdırabilir. Yüksek sıcaklıklarda şeker şurubu fazının viskozitesinde düşüş görülür, bu durum ise akışı ve sızmayı daha da teşvik eder.

Marshmallowun başlangıç rutubet değeri yukarıda bahsedilen kalite probleminin önlenmesinde dikkate alınması gereken bir kriterdir. Bununla birlikte yüksek rutubet, su aktivitesinin de yükselmesini sağlamaktadır. Yüksek su aktivitesi mikrobiyal bozulmalara sebep olabilecektir. Mikrobiyal bozulmaların önlenmesi için marshmallowdaki şeker:glikoz şurubu oranı en az 0,75 oranında ayarlanmalıdır (Minifie 1989). Ayrıca düşük miktarlarda invert şeker şurubu ilavesi, depolama sırasında su aktivitesini azaltarak ve nem kaybını önleyerek daha yumuşak bir doku vermek ve nemlendirici özellikler sağlamak amacıyla kullanılabilir.

Ticari olarak üretilen marshmallowların sıcak ortamlardaki raf ömrü süresi genellikle 20-22 haftadır. Sıcaklığın kontrol altında tutulduğu şartlarda ise raf ömrü süresi 40 haftaya ulaşabilmektedir (Tam and Lim, 2008). Havalandırılmış şekerlemelerin denge bağıl nem (ERH) değeri kurutulmuş marshmallow için 0,4 düzeylerinde iken en yüksek su içeriğine sahip olan ve en yumuşak ürünler için ise 0,75'e kadar yükselmektedir. Bağıl nemin %50'den az olduğu ortam koşullarında, nemin şekerden havaya geçmesi için bir itici güç vardır. Ambalaj katmanları su geçişini geciktirmeye yardımcı olur, ancak zamanla bu şekerlemeler sonunda nem kaybederek ve daha sert hale gelebilmektedirler (Hartel vd., 2018). Marshmallow için önemli bir diğer parametre Tg (camsı geçiş sıcaklığı) değeridir. Tg ile su içeriği arasında önemli bir ilişki söz konusudur. (Chen vd., 2015). Marshmallowdaki nem değişimi, camsı geçiş

sıcaklığı, tekstür ve kristal form dikkate alındığında en uygun depolama şartlarının 25°C sıcaklık ve %21 nem değeri olduğu belirtilebilir (Minifie 1989; Lim vd., 2006; Tam and Lim 2008). Bu depolama şartlarında 21 haftadan fazla raf ömrüne ulaşılabilir. Marshmallowdaki sert rutubet düşüşü ilk 2 hafta içerisinde gerçekleşir ve %19 nem miktarından %12'ye düşüş ile karşılaşılabilir. İlk 2 hafta sonrasında da rutubet düşüşü devam eder. Son ürün rutubeti %8 seviyelerine değin inebilir. (Minifie 1989; Lim vd., 2006; Tam and Lim 2008). Yüksek DE değerine sahip mısır şurupları kullanımı ve kısa süreli jelleştirme prosesinin marshmallowlarda rutubet kaybını azaltıcı etkisi olduğunu belirtebiliriz (Lim vd., 2006). Depolama sırasındaki diğer bir sorun, jelatin jel ağının termo-reversible özelliği ile ilgilidir. Genel olarak, marshmallow şekerlerinde jelatinin erime noktası yaklaşık 40°C'dir. Erime noktasının üzerinde depolama, jel mukavemetinin kaybına ve akışkanlığın artmasına neden olur. Bu, hava hücresi yapısının çökmesine ve marshmallowda hacim kaybına neden olabilir. Bu nedenle, marshmallow ve ürünlerinin jelatin erime noktasının altındaki koşullarda muhafazası önem taşımaktadır. Marshmallowlarda görülen bazı kalite problemleri ve çözümleri, Tablo 2.4'de yer almaktadır.

Tablo 2.4 Marshmallow bazı kalite problemleri ve çözüm önerileri
(Hartel vd., 2018; Schrieber and Gareis, 2007)

Sorun	Olası Nedenler	Olası çözümler
Ürün sertleşmiyor veya çöküntüler var	Jelatin hasarı	Isıya ve asite maruziyeti azalt
	Olası bileşen etkileşimleri	Jelatin özelliklerinin proses ve formülasyona uygunluğunun kontrolü
Düşük köpük stabilitesi	Kalıpta yüksek sıcaklıkta kurutma	Kurutma sıcaklığını düşür
	Kalıplama nişatası sıcaklığı yüksek	Kalıplamada nişasta sıcaklığını düşür
	Jelatin bloom derecesi uygunsuz	Farklı bloom jelatin kullan
	Düşük beating	Beating süre ve/veya hızını arttır
		Parti büyüklüğünü azalt
	Aşırı-beating	Genellikle jelatin ile ilgili olmayan bir durum. Beating süre ve/veya hızını düşür.
	Çok yüksek viskozite	Katı madde oranını düşür
		Tatlandırıcı kontrol ve re-formülasyon uygula
		Sıcaklık arttır

Tablo 2.4. Devam

Sorun	Olası Nedenler	Olası çözümler
Sarımsı renk gelişimi	Aşırı ısı maruziyeti	Isı maruziyeti düşür- kısa pişirme süresi veya pişirme sonrası jelatin ilavesi
	Yüksek pH	Yüksek pH (>6.0) Maillard reaksiyonu hızlandırır. pH düşürmek için re-formülasyon
Çok yumuşak marshmallow	Jelatin seviyesi düşük	Jelatin düzey artışı
	Yanlış bloom	Bloom artışı
	Jelatin hasarı	Isı ve asite maruziyeti azalt
	Yanlış tatlandırıcı kullanımı	Sakaroza, glukoz ve diğer tatlandırıcı kullanımını kontrol
Süngerimsi veya çok sert marshmallow	Jelatin seviyesi yüksek	Jelatin miktarını azalt
	Yanlış bloom	Bloom azalt
	Uygun olmayan şeker kullanımı	Sakaroza, glukoz ve diğer tatlandırıcı kullanımını kontrol
	Katı madde oranı çok yüksek	Pişirme sıcaklığını düşür Açık sistemlerde beating sırasında nem kaybını kontrol et

Tablo 2.4. Devam

Sorun	Olası Nedenler	Olası çözümler
Yapışkanlık	Nem çok yüksek	Yüksek sıcaklıkta pişirme ile nemi düşür
	Şekillendirmeden sonra erken ambalajlama	Ürünün stabilize olması sağlanmalı ve ambalajlama öncesi koruyucu bir tabaka oluşmalı
	Düşük su aktivitesi	Tatlandırıcı kompozisyonunun ortam su aktivitesi için re-formülasyonu
	Asit ilavesi erken gerçekleştirilmiş	Şeker inversiyonunu ve jelatin hasarını önlemek için asit ilavesi deposite etmeden hemen önce gerçekleştirilmeli
Kuruma	Yüksek su aktivitesi	Tatlandırıcı kompozisyonunun ortam su aktivitesi için re-formülasyonu
Büzülme	Ürünün çok yüksek sıcaklıkta ekstrüde edilmesi	Ekstrüzyon sıcaklığının düşürülmesi
	Beating işleminde yüksek geri basınç	Önerilen maksimum karşı basınç 80 psi
Kumlu tekstür	Şeker re-kristalizasyonu	Prosesste tüm kristal formdaki bileşenlerin tam çözündüğünün kontrolü
		Glikoz şurubu düzeyinin arttırılması

2.2 Jelatin ve Genel Özellikleri

Jelatin, jelleştirme ajanları ve hidrokolloidler arasında protein yapısında olması, kullanım yaygınlığı ve etki düzeyi ve farklı özelliklere sahip yapılara ulaşılmasına yönelik değişkenlik gösteren formlarda elde edilebilmesi nedenleri öne çıkan bir maddedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Hayvansal orijinli olan bu madde, deri, kemik ve sinir dokularından farklı teknikler kullanılarak elde edilebilmektedir. Jelatin üreticileri, farklı proses uygulamaları ile hidrokoloidal etkileri ve fiziko-kimyasal özellikleri çeşitlilik gösteren jelatin türleri geliştirmişlerdir. Bu proses farklılıklarının temelinde jelatin hidrolizi için asidik veya bazik koşulların uygulanması bulunmaktadır. A tipi jelatin olarak adlandırılan çeşit için asidik, B tipi için ise bazik koşullar kullanılmaktadır (Altan Kamer vd., 2019).

Jelatinin temel karakteristik özellikleri olan jel yapma kuvveti (bloom derecesi), viskozitesi ve izoelektrik noktası üzerinde üretiminde kullanılan proses yöntemi ve parametrelerinin önemli etkisi söz konusudur. Uygulanan jelatin proses yöntem ve koşulları yanı sıra, kolajen kaynağı ve hammadde nin elde edildiği hayvan(lar)ın yaşı da bu özelliklerin farklılaşmasına neden olabilir. Jel kuvvetine (bloom derecesi) etki eden en temel kriter ise toplam amino asit içeriğindeki prolin ve hidroksiprolin konsantrasyonlarıdır. Bu iki amino asitin yüksek düzeylerde bulunması halinde, jelleştirme kuvvetinde artış gözlenir (Eastoe and Leach, 1958). Viskozite artışı ise jelatin molekül ağırlığı ile ilişkili olan bir değişkendir. Yüksek molekül ağırlığı söz konusu olması halinde jelatin çözeltisinin akış özellikleri değişir ve viskozite artışı ile karşılaşılır (Pouradier and Venet, 1952). Bir protein olan jelatinin izoelektrik noktası, üretiminde kullanılan proseslere göre farklılık göstermektedir. Bazik koşullar altında gerçekleşen B-tipi proseste elde edilen jelatin için izoelektrik noktası 4,5 – 5,5 aralığında iken, asidik koşullar altında üretim gerçekleştirilmesi sonrası elde edilen A-tipi jelatin için bu değer alkali bölgede (6,0 – 9,5) ve daha geniş bir aralıktadır (Ames, 1952). Kritik özellikler olan viskozite, izoelektrik nokta ve bloom derecesi, bu bileşenin kullanım alanı ve amacı ile beklenen etki ve son ürün özellikleri dikkate alınarak seçilmektedir.

Gıda endüstrisinde jelatin farklı teknolojik fonksiyonlarına göre tercih edilir. Bunların başında ise jelleşme, kalınlaştırma, stabilizasyon, tekstür düzenleme ve emülsifikasyon etkisi gelmektedir (Cebi vd., 2019). Ancak bunun yanı sıra özellikle

inanç esaslı olmak üzere sosyal, kültürel ve yasal etkenler de dikkate alınmalıdır. Çünkü gıdalarda kullanılan jelatin tiplerinin ve kaynaklarının seçimi, gıdaların üretildikleri yada satışının yapıldığı ülkelerdeki regülasyonlar ve dini inanışlar yönünden çok kritiktir. Örneğin; Müslümanlar ve Yahudiler sığır orjinli Helal ya da Kosher sertifikalı jelatinleri tercih etmektedirler. Ayrıca gittikçe yaygınlaşan vegan beslenme anlayışı da jelatin kullanım olanaklarında daralmaya neden olabilen bir faktördür. Son yıllarda jelatin ve kolajenler üzerinde yapılan bilimsel çalışmaların sayısındaki artış ise dikkat çekicidir. Özellikle medikal alanlarda yapılan yenilikçi araştırmalar jelatin ve kolajenin insan metabolizmasında önemli bir rolü olduğunu ortaya koymakta olup, kolajen içeren farklı formlardaki fonksiyonel gıdaların sayısı her geçen gün artmaktadır.

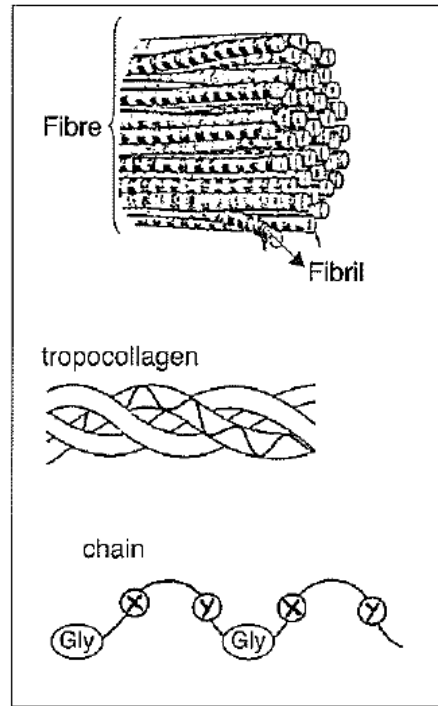
2.2.1 Jelatin Üretimi

Kolajenin hammadde olarak kullanılması ile jelatin üretiminde hayvansal yağdan arındırılmış materyal, hidroklorik asit ön işlem uygulaması ile kalsiyum fosfat gibi mineral maddelerden de arındırılır. Bu uygulama sonrasında organik madde içerisinde sadece jelatin kalır ve “ossein” olarak adlandırılır. A-tipi jelatin üretiminde asit hidrolizi için hidroklorik asit, fosforik asit, sülfürik asit veya çeşitli organik asitler kullanılabilir. Kolajen kaynağının türü dikkate alınarak asidik koşullar için süre ve konsantrasyon belirlenir. Bazı proseslerde ise misket limonu veya sodyum hidroksit gibi alkalilerin çözeltileri kullanılır. Alkalizasyon için 18°C'nin altındaki sıcaklıklarda 30 ile 70 gün arasında değişkenlik gösteren süreler ile işlem yürütülür (Schrieber ve Gareis, 2007).

2.2.2 Jelatin Kimyasal Yapısı

Jelatin, hayvansal dokularda bulunan kolajenin hidrolizi ile elde edilir. Başka bir ifade ile, jelatin deri, kemik, sinir ve kıkırdakta bulunan kolajenin termal denatürasyonu sonucu elde edilmektedirler (Ramachandran, 1967; Ward, 1977). Kolajen tek tip bir madde değil, daha çok bir protein ailesidir. Bugüne kadar 27 farklı kolajen türü tanımlanmıştır. Tip I kolajen, öncelikle deri, kemik ve tendonlar gibi bağ dokusunda yaygın olarak bulunur. Tip II kollajen ise pratikte sadece kıkırdak dokusunda oluşur. Tip III kolajen, büyük ölçüde yaşa bağlı olup çok genç hayvanların ciltlerinde %50'ye varan oranlarda bulunabilir. Ancak zamanla bu oran %5 - %10 düzeylerine düşer.

Diğer kolajen türleri yalnızca çok düşük miktarlarda bulunur ve çoğunlukla organa özgüdürler. Diğer tüm proteinler gibi kolajen konformasyonel yapılarında primer, sekonder ve tersiyer yapılar yer almaktadır. Kolajen ayrıca, çoklu polipeptid zincirlerine veya alt birimlerine sahip olmasıyla karakterize edilen diğer karmaşık oligomerik proteinlere benzer bir kuaterner yapıya sahiptir. Jelatin üretiminde kullanılan Tip I hayvansal kolajeninin primer yapısı, moleküler ağırlığı yaklaşık 100.000 g/mol olan bir zincir şeklinde bağlanan yaklaşık 1014 amino asit içerir. Bu ortak alfa zincirleri, genel sekans glisin-X-Y'nin 334 tekrarlayan birimini içerir. Sadece N- ve C-terminal uçlarında bu yapıya uymayan 15-26 amino asit içeren kısa zincirler vardır (Schrieber ve Gareis, 2007; Altan-Kamer vd., 2019; Cebi vd., 2019). Amino asit profili jelatinin kimyasal yapısı için belirleyici öneme sahiptir (Ward, 1977). Şekil 2.3'de buzağı derisinden elde edilen jelatinin amino asit profili yer almaktadır.



Şekil 2.2 Jelatin/Kolajen

1 Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Ser-Gly-Pro-Arg-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Hyp-Gly-Pro-Gln-Gly-Phe-Gln-Gly-Pro-Hyp-
28 Gly-Glu-Hyp-Gly-Glu-Hyp-Gly-Ala-Ser-Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Arg-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Lys-Asn-Gly-Asp-Asp-
55 Gly-Glu-Ala-Gly-Lys-Pro-Gly-Arg-Hyp-Gly-Gln-Arg-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Gln-Gly-Ala-Arg-Gly-Leu-Hyp-Gly-Thr-Ala-
82 Gly-Leu-Hyp-Gly-Met-Hyl-Gly-His-Arg-Gly-Phe-Ser-Gly-Leu-Asp-Gly-Ala-Lys-Gly-Asn-Thr-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Lys-
109 Gly-Glu-Hyp-Gly-Ser-Hyp-Gly-Glx-Asx-Gly-Ala-Hyp-Gly-Gln-Met-Gly-Pro-Arg-Gly-Leu-Hyp-Gly-Glu-Arg-Gly-Arg-Hyp-
136 Gly-Pro-Hyp-Gly-Ser-Ala-Gly-Ala-Arg-Gly-Asp-Asp-Gly-Ala-Val-Gly-Ala-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Thr-Gly-Pro-Thr-
163 Gly-Pro-Hyp-Gly-Phe-Hyp-Gly-Ala-Ala-Gly-Ala-Lys-Gly-Glu-Ala-Gly-Pro-Gln-Gly-Ala-Arg-Gly-Ser-Glu-Gly-Pro-Gln-
190 Gly-Val-Arg-Gly-Glu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Ala-Ala-Gly-Pro-Ala-Gly-Asn-Hyp-Gly-Ala-Asp-Gly-Gln-Hyp-
217 Gly-Ala-Lys-Gly-Ala-Asn-Gly-Ala-Hyp-Gly-Ile-Ala-Gly-Ala-Hyp-Gly-Phe-Hyp-Gly-Ala-Arg-Gly-Pro-Ser-Gly-Pro-Gln-
244 Gly-Pro-Ser-Gly-Ala-Hyp-Gly-Pro-Lys-Gly-Asn-Ser-Gly-Glu-Hyp-Gly-Ala-Hyp-Gly-Asn-Lys-Gly-Asp-Thr-Gly-Ala-Lys-
271 Gly-Glu-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Val-Gln-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Glu-Glu-Gly-Lys-Arg-Gly-Ala-Arg-Gly-Glu-Hyp-
298 Gly-Pro-Ser-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Glu-Arg-Gly-Gly-Hyp-Gly-Ser-Arg-Gly-Phe-Hyp-Gly-Ala-Asp-Gly-Val-Ala-
325 Gly-Pro-Lys-Gly-Pro-Ala-Gly-Glu-Arg-Gly-Ser-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Lys-Gly-Ser-Hyp-Gly-Glu-Ala-Gly-Arg-Hyp-
352 Gly-Glu-Ala-Gly-Leu-Hyp-Gly-Ala-Lys-Gly-Leu-Thr-Gly-Ser-Hyp-Gly-Ser-Hyp-Gly-Pro-Asp-Gly-Lys-Thr-Gly-Pro-Hyp-
379 Gly-Pro-Ala-Gly-Gln-Asp-Gly-Arg-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Arg-Gly-Gln-Ala-Gly-Val-Met-Gly-Phe-Hyp-
406 Gly-Pro-Lys-Gly-Ala-Ala-Gly-Glu-Hyp-Gly-Lys-Ala-Gly-Glu-Arg-Gly-Val-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Val-Gly-Pro-Ala-
433 Gly-Lys-Asp-Gly-Glu-Ala-Gly-Ala-Gln-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Ala-Gly-Glu-Arg-Gly-Glu-Gln-Gly-Pro-Ala-
460 Gly-Ser-Hyp-Gly-Phe-Gln-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Glu-Ala-Gly-Lys-Hyp-Gly-Glu-Gln-Gly-Val-Hyp-
487 Gly-Asp-Leu-Gly-Ala-Hyp-Gly-Pro-Ser-Gly-Ala-Arg-Gly-Glu-Arg-Gly-Phe-Hyp-Gly-Glu-Arg-Gly-Val-Glu-Gly-Pro-Hyp-
514 Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Arg-Gly-Ala-Asn-Gly-Ala-Hyp-Gly-Asn-Asp-Gly-Ala-Lys-Gly-Asp-Ala-Gly-Ala-Hyp-Gly-Ala-Hyp-
541 Gly-Ser-Gln-Gly-Als-Hyp-Gly-Leu-Gln-Gly-Met-Hyp-Gly-Glu-Arg-Gly-Ala-Ala-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Lys-Gly-Asp-Arg-
568 Gly-Asp-Ala-Gly-Pro-Lys-Gly-Aln-Asp-Gly-Ala-Pro-Gly-Lys-Asp-Gly-Val-Arg-Gly-Leu-Thr-Gly-Pro-Lic-Gly-Pro-Hyp-
595 Gly-Pro-Ala-Gly-Ala-Hyp-Gly-Asp-Lys-Gly-Glu-Ala-Gly-Pro-Ser-Gly-Pro-Ala-Gly-Thr-Arg-Gly-Ala-Hyp-Gly-Asp-Arg-
622 Gly-Glu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Phe-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Asp-Gly-Gln-Hyp-Gly-Ala-Lys-Gly-Glu-Hyp-
649 Gly-Asp-Ala-Gly-Ala-Lys-Gly-Asp-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ile-Gly-Asn-Val-
676 Gly-Ala-Hyp-Gly-Pro-Hyl-Gly-Ala-Arg-Gly-Ser-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Thr-Gly-Phe-Hyp-Gly-Ala-Ala-Gly-Arg-Val-
703 Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ser-Gly-Asn-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Lys-Glu-Gly-Ser-Lys-Gly-Pro-Arg-
730 Gly-Glu-Thr-Gly-Pro-Ala-Gly-Arg-Hyp-Gly-Glu-Val-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Ala-Gly-Glu-Lys-Gly-Ala-Hyp-
757 Gly-Als-Asp-Gly-Pro-Ala-Gly-Ala-Hyp-Gly-Thr-Pro-Gly-Pro-Gln-Gly-Ile-Ala-Gly-Gln-Arg-Gly-Val-Val-Gly-Leu-Hyp-
784 Gly-Gln-Arg-Gly-Glu-Arg-Gly-Phe-Hyp-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Ser-Gly-Glu-Hyp-Gly-Lys-Gln-Gly-Pro-Ser-Gly-Ala-Ser-
811 Gly-Glu-Arg-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Hyp-Gly-Leu-Ala-Gly-Pro-Hyp-Gly-Glu-Ser-Gly-Arg-Glu-Gly-Ala-Hyp-
838 Gly-Ala-Glu-Gly-Ser-Hyp-Gly-Arg-Asp-Gly-Ser-Hyp-Gly-Ala-Lys-Gly-Asp-Arg-Gly-Glu-Thr-Gly-Pro-Ala-Gly-Ala-Hyp-
865 Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Hyp-Gly-Ala-Hy-Gly-Pro-Val-Gly-Pro-Ala-Gly-Lys-Ser-Gly-Asp-Arg-Gly-Glu-Thr-Gly-Pro-Ala-
892 Gly-Pro-Ile-Gly-Pro-Val-Gly-Pro-Ala-Gly-Ala-Arg-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Gln-Gly-Pro-Arg-Gly-Asx-Hyp-Gly-Glx-Thr-
919 Gly-Glx-Gly-Gly-Asx-Arg-Gly-Ile-Hyl-Gly-His-Arg-Gly-Phe-Ser-Gly-Leu-Gln-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ser-Hyp-
946 Gly-Glu-Gln-Gly-Pro-Ser-Gly-Ala-Ser-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Arg-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ser-Ala-Gly-Ser-Hyp-Gly-Lys-Asp-
973 Gly-Leu-Asn-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Ile-Gly-Hyp-Hyp-Gly-Pro-Arg-Gly-Arg-Thr-Gly-Asp-Ala-Gly-Pro-Ala-Gly-Pro-Hyp-
1000 Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Pro-Pro-

Şekil 2.3 Buzağı derisindeki jelatinin amino asit kompozisyonu

Jelatinin teknolojik özellikleri tip ve kaynağına göre farklılık gösterir (See vd., 2010). Çünkü süre, sıcaklık, kimyasallar gibi proses koşulları, elde edilen jelatinin farklı polipeptid zinciri uzunluğunda olmasına, dolayısı ile teknolojik özelliklerinin değişim göstermesine neden olur (Altan Kamer vd., 2019). Jelatin çözeltilerinde su plastikleştirici olarak rol oynar. Su içeriğinin azalması ile birlikte su molekülleri arasındaki hidrojen bağlarında disosiyasyon ve jelatin zincirlerinin çapraz bağlanması ile sonuçlanan jelatin ve su molekülleri arasında yeni hidrojen bağlarının oluşumu gözlenebilir (Amjadi vd., 2018). Su varlığında soğutma sırasında düzensiz yapıdan düzenliye geçiş ve heliksel bir form oluşturma davranışı göstererek yarı-katı kolloidal jel yapı sağlanır (Pizzoni vd., 2015).

2.2.3 Jelatin Fiziksel Özellikleri

Uzun zincirdeki iyon yükleri ve yapısı gereği jelatin suda çok iyi çözünürlük ve yüksek su tutma kapasitesine sahiptir. Jelatin sıcak ya da soğuk su ile temas ettiğinde şişebilir ve kendisinden 10 kat fazla ağırlıktaki suyu yapıda tutabilir. Jelatin çözeltisi hazırlamak için 50 - 60°C arasında düşük sıcaklıklar ya da 90 - 95°C arasında yüksek sıcaklıklarda ve kısa süreli karıştırma işlemi uygulanması yeterlidir ((Schrieber ve

Gareis, 2007). Diğer hidrokolloidlere göre bu madde 50 – 70°C arasındaki göreceli düşük sıcaklıklarda çok daha düşük vizkozite değerine sahip olup bu özellik çeşitli prosesler için kolaylık ve avantajlar sağlayabilmektedir. Jelatin çözeltisinin viskozitesi sıcaklık yanı sıra jelatinin konsantrasyonu, iyon yükü ve moleküler ağırlığı yanı sıra ortam pH değerine göre değişiklik gösterebilir. 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda jelatin çözeltileri genelde Newtonian akış davranışına sahiptirler. Ayrıca bu çözeltiler jelatin tipi, konsantrasyonu, jel kuvveti (bloom değeri) ve çözelti vizkozitesine göre jelleşme özelliği gösterir (Cuvelier and Michon, 2003; de Wolf, 2003). Bloom değeri bunlar arasında endüstriyel uygulamalarda öne çıkan parametreler arasındadır. Ticari jelatinlerin bloom değerleri (jel kuvveti= jelatin bloom değeri x jelatin konsantrasyonu) 3 kategoriye ayrılmıştır:

- Düşük bloom değerli jelatin (125 bloom'dan düşük)
- Orta bloom değerli jelatin (150 – 200 bloom)
- Yüksek bloom değerli jelatin (220 bloom'dan yüksek)

2.2.4 Jelatinin Şekerleme Ürünlerde Kullanımı

Jelatin, marshmallow bileşiminde kullanılan en yaygın stabilizatördür. Benzersiz bir elastikiyet değerine sahip tekstürel özelliklerle kazandırabildiği için genel olarak şekerlemelerde en yaygın stabilizatör olması yanı sıra bu tekstürel özelliklerin jelatin bloom değeri ve kullanılan jelatin miktarı ile modifiye edilmesi mümkündür. Tanesiz marshmallow üretiminde daha yüksek seviyelerde (4,0 – 6,0 g/100 g) kullanılan düşük bloom değerine sahip (125) jelatin ile çiğnenebilirlik özelliği geliştirilmiş bir tekstür sağlanabilirken, daha düşük konsantrasyonlarda (2,5- 4,0 g/100 g) ancak daha yüksek bloom değerine sahip (250) olan jelatin kullanımı ise daha short tekstürel özelliklere sahip son ürün ile sonuçlanır. Taneli marshmallow eldesi için ise düşük bloom değerine sahip jelatin 2,5 -4,0 g/100 g düzeylerinde kullanılır (Schrieber ve Gareis, 2007; Artamonova vd., 2017; Mardani vd., 2019). Jelatin, kendi kütesinin 3-4 katı ağırlığa sahip olan sıcak yada soğuk suda (65-70 °C) çözündürüldükten sonra marshmallow üretimi gerçekleştirilebilir.

Ortamda bulunan diğer majör bileşenlerin konsantrasyonları ve kompozisyonları, jelatinin kazandırdığı son ürün özellikleri üzerinde belirleyicidir. Bu bileşenler arasında sakarozun özel bir yeri bulunmaktadır. Tau and Gunasekaran (2016), sakarozun jelatin jelleri yapısında bazı ticari tatlandırıcılar ile ikamesini inceledikleri

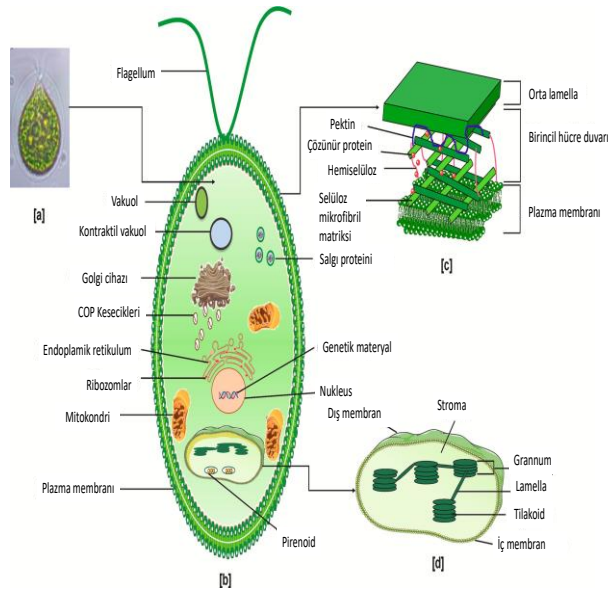
çalışmada, jelasyon sıcaklığının değişmediğini belirtmişlerdir. Ancak şekerleme ürünlerinde sakaroz düzeyinin artışı ile birlikte daha fazla suyla etkileşimin, jelatin zincirlerinin birleşmesini geliştirmesine bağlı olarak daha fazla bağlantı bölgeleri oluşması ile sonuçlandığı belirlenmiştir (Altan Kamer vd., 2019). Bir başka çalışmada ise Oakenfull ve Scott (1986), şeker ve poliollerin kolajen katlanmalarının stabilizasyonu ile sonuçlanan tercihi polipeptid hidrasyonuna neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu ise jel ağını genişleterek sıklığı arttırmaktadır. Jelatin üçlü helix yapıları birleşme bölgeleri oluşturduktan sonra üç boyutlu ağ oluşturabilmektedir. Birleşme bölgelerinin sayısı, jelasyonun ilerlemesi ile artış gösterir. Sıcaklık, pH, kül miktarı, konsantrasyon ve diğer gıda bileşenleri ile interaksiyon jelatin jelasyonu veya camsı geçiş sıcaklığını (Tg) etkiler. Şekerler hidrofobik interaksiyonları güçlendirerek veya proteinlerin hidrasyonunu zenginleştirerek globüler veya fibröz proteinlerin yapılarının kararlı hale gelmesini sağlayabilir (Tau and Gunasekaran, 2016). Ancak hangi şeker olduğuna bağlı olarak bu kararlılık ve jel yapı özellikleri değişkenlik gösterebilir. Örneğin sorbitol artışı da sakaroz artışında olduğu gibi jel kuvvetini arttırmakla birlikte, benzer konsantrasyonlar esas alındığında bu artışın sakaroz varlığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç sorbitolün yüksek konsantrasyonlarda stabil çapraz bağlanmaların oluşumunu ve jelatin makromoleküllerinin hidrasyonunu azaltması ile ilişkilendirilmiştir (Amjadi vd., 2018). Dolayısı ile şekerleme bileşiminde sürekli fazı oluşturan şeker fazının hangi bileşenlerden oluştuğu ile jelatinin stabilizatör ve jelleştirme özellikleri arasında bir etkileşim bulunduğunu belirtebiliriz.

Ayrıca jelleştirme ajanlarının ve şekerlerin konsantrasyonu jel yapıdaki ürünlerin tekstürel özellikleri, çiğneme veya mastikasyon sırasında aromatik bileşiklerin salınımını etkiler (Boland vd., 2006; Deleris vd., 2011; Pizzoni vd., 2015). Ayrıca jel yapıdaki gıdaların tekstürel özellikleri doğrudan aroma maddelerinin salınımını etkiler. Çünkü jel yada kalınlaşmış yapıdaki gıdalarda kalınlaştırıcı/jel ajanı madde difüzyon için bir bariyer oluşturması ve ayrıca bu maddeler ile aroma bileşenleri arasında interaksiyonlar gelişmesi sonucu aroma maddeleri salınımı düşüş gösterebilir. Burada bir diğer faktör ise hangi jelleştirme ajanı veya stabilizatörün kullanıldığıdır. Karragenan ve jelatin gibi jel ajanlarının gıda yapısındaki etkileri sonucu jel kuvvetinin artışı ile aroma salınımı düşer. Nişasta jellerinde ise aynı etki söz konusu olmamaktadır. Fakat genel olarak jelleşme ve dolayısıyla tekstürün algılanan aroma

şiddeti üzerinde etkisi olduğunu belirtebiliriz. Çeşitli çalışmalar, hidrokoloidlerin yalnızca viskozite ve konsistensi modifikasyonu gerçekleştirmediğini, ayrıca koku, tad ve aroma şiddetini azalttığını ortaya koymuştur (Lubberts and Guichard, 2003). Jelatin esaslı jel ürünlerde, stabiliteyi arttırmak ve yapışkanlığı azaltmak için de düşük Tg değeri istenebilir (Tau and Gunasekaran, 2016).

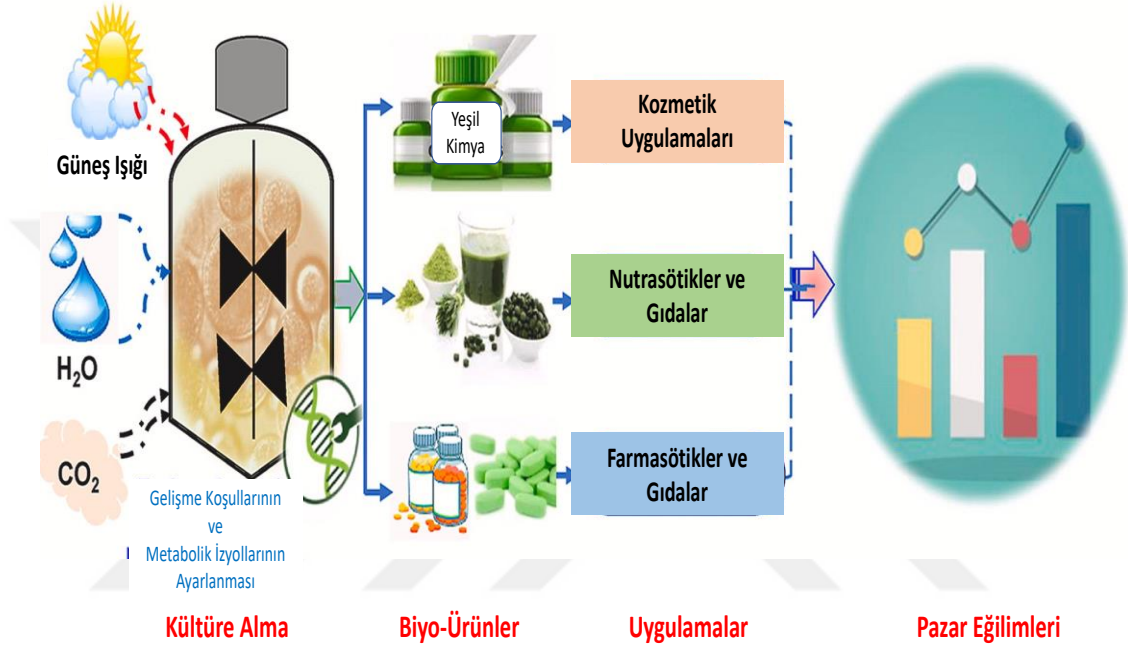
2.3 Mikroalgler ve Genel Özellikleri

Mikroalgler tek hücreli ökaryotik ve fototrofik-hetetrofik canlılar olup farklı iklimatik koşullarda ve sulu ortamlarda gelişebilmektedirler. Tuzlu ve tatlı sularda, ayrıca hem sucul ortamlarda hem de karada yaşayabilen ve fotosentez yapabilen tek hücreli canlılardır. Yetiştigi bölge ve faydalandıkları substratlara göre farklı türleri mevcuttur. Boyutları birkaç mikrometreden birkaç yüz mikrometreye kadar değişebilir. Atmosferik CO₂'i gün ışığında fiksede ederek kullanmaları sonucu fotosentez ile biyokütleyle dönüştürebilmektedirler. Bu canlılar biyokütlelerinde lipidler, karbonhidratlar, proteinler gibi makro besin öğeleri yanı sıra çeşitli amino asitleri, farklı doymamışlık seviyesinde olan yağ asitlerini, çeşitli karotenoidleri ve diğer bazı doğal pigmentleri gıda, yem ve sağlık ürünlerinde kullanabilecek şekilde biriktirebilmektedirler (Chronakis, 2001; Radmer, 1994).



Şekil 2.4 Mikroalg hücresi (Mehariya vd., 2021)

Pek çok alanda kullanılan mikroalgler için her geçen gün yeni uygulama alanları da belirlenmektedir. Bunlar arasında yaygın olanlar ise biyoyakıt üretimi, kozmetik, ilaç ve gıda sektörüdür. Ayrıca farklı biyoteknolojik yöntemler ile kültüre alınmış koşullarda üretilibilmeleri, bu üretim sırasında oluşturulan stress koşullarına bağlı olarak biyokimyasal kompozisyonlarının modifiye edilmesi ve verimlilik artışı sağlanması da mikroalg kullanımı ve yaygınlığı için avantajlar arasında yer almaktadır.



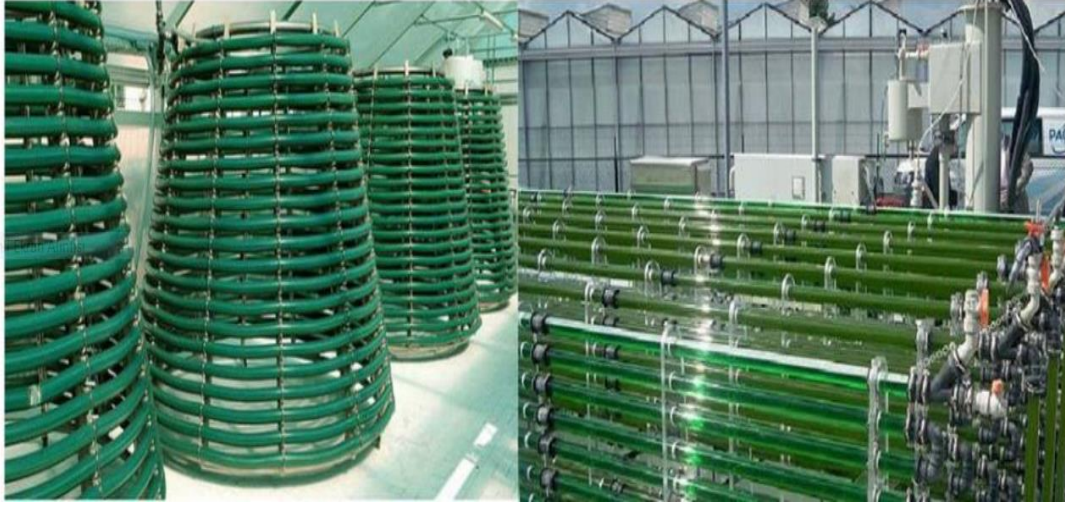
Şekil 2.5 Mikroalg endüstrisi (Mehariya vd., 2021)

Mikroalg üretiminde genel olarak açık veya kapalı kültür sistemleri kullanılmaktadır. Bu üretim için diğer bitkisel kaynaklarda olduğu gibi geniş tarım alanlarına ve verimli topraklara ihtiyaç yoktur. Açık kültür sistemlerine örnek olarak; kanal şekilli havuzlar, dairesel şekilli havuzlar, karıştırılmayan büyük boyutlu havuzlar ve doğal göller verilebilir (Sukatar, 2002).



Şekil 2.6 Mikroalg açık sistem üretim havuzları (Gezici, 2012)

Açık kültür üretim sistemleri dışında mikroalg üretimi yapılan ve yaygın olarak kullanılan kapalı kültür sistemleri ise; panel ve tübüler fotobiyoreaktör sistemleridir. Kapalı sistemler olan fotobiyoreaktörler, açık sistemlere göre pek çok avantaja sahiptir (Grima vd., 1996). Bu avantajların arasında spesifik mikroalg kültürlerinin ayrıştırılabilmesi, ortama verilen karbondioksit kaybının görece daha az olması ve yüksek oranda karbondioksit alımına elverişli olması, güneş enerjisinden en yüksek seviyede yararlanılması ve oksijenin kolay ve hızlı uzaklaştırılmasına imkan sağlanması, minimum yer ve maksimum kapasite kullanımı, dış ortamlardan gelebilecek zararlı kontaminasyon riskinin az olması, kapalı sistemlerde geçirilen suyun sıcaklığının, tuz oranının, pH vb fiziko-kimyasal özelliklerinin kontrolünün sağlanabilmesi, yüksek konsantrasyonda mikroalg kültürleriyle çalışılabilmesi ve hasat maliyetinin daha düşük olması yer almaktadır. Ayrıca kültür ortamının manipülasyonu ile hedef biyokimyasallar odaklı biyokütle kompozisyonun değişimi, en önemli avantajlar arasında yer almaktadır. Bu avantajlar dikkate alındığında, yoğun mikroalg kültürü ve üretimi için kapalı fotobiyoreaktörler sistemlerinin açık kültür üretim sistemlerine göre daha avantajlı olduğu görülmektedir (Pulz ve Gross 2004; Harun vd., 2010; Satyanarayana vd., 2011).



Şekil 2.7 Kule tipi ve yatay tasarımlı fotobiyoreaktör sistemleri (Gezici, 2012)

Mikroalgler çoğalma ve gelişimleri, bir başka ifade ile yaşamsal faaliyetlerini sürdürmeleri için ışık, karbondioksit ve bazı inorganik maddelere ihtiyaç duyarlar. (Wood, 1991). Aralarında *Spirulina*, *Dunaliella* ve *Chlorella* gibi farklı mikroalg çeşitlerinin bulunduğu bazıları bileşimleri nedeni ile farklı besin ügelerinin kaynakları olmasından dolayı geçmişten günümüze insanlar tarafından gıda olarak kullanılmışlardır (Spolaore vd., 2006; Vigani vd., 2015). Ayrıca mikroalgler yanı sıra çeşitli makroalgler de karagenan, agar-agar ve aljinat gibi birçok gıda ürününde aralarında jelleştirici ve kalınlaştırıcı ajan fonksiyonları da bulunan çeşitli teknolojik amaçlar ile kullanılmaktadırlar (Wood., 1991).

Tuzlu ve tatlı sularda yetişen bazı mikroalgler iyi bir bitkisel protein kaynağı olma özelliği taşımaktadırlar. Yeşil (Chlorophyceae) ve mavi-yeşil (Cyanobacteria) algler kuru formda %40–65 aralığında, özellikle tür ve yetiştirme koşulları ile hasat dönemine göre değişiklik gösteren kompozisyon ve oranda protein içermektedirler (Indergaard and Minsaas, 1991). Ayrıca biyokütlede bulunan protein ve amino asitlerin kompozisyon ve miktarları, çoğaldıkları tabii kaynaklar ya da üretildikleri kültür ortamlarındaki azot, potasyum gibi besin kaynaklarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Azot ve potasyum besin kaynaklarının düzey ve formları yanı sıra ortamda faydalandıkları ışık kaynağı, oranı, kalitesi ve foto-periyotlara göre alglerin protein ve amino asit içeriği önemli derecede etkilenir (Svircev vd., 2010). Özellikle protein olmak üzere yüksek besin ögesi içeriği, ile birlikte sahip olduğu antioksidan aktivite potansiyeli ve biyoaktif bileşenler yanı sıra doğal mavi-yeşil renginden dolayı *S. platensis* (*Arthrospira platensis*) ve *Arthrospira maxima* en çok tercih edilen ve

ticarete konu edilen mavi-yeşil alg (siyanobakteri) türleridir (Nicoletti, 2016; García vd., 2017).

Mikroalgler proteine dönüştürülmek üzere farklı amino asitleri sentezleyebilirler. Örneğin *Porphyridium aerugineum* triptofan, lizin, lösin, arjinin gibi farklı aminoasitleri içermekte olup, *Tetraselmis chuii* biyokütlesi bileşiminde arjinin, *Nannochloropsis granulate* biyokütlesinde ise lösin bulunur. Esansiyel amino asit olma özelliği taşıyan bu maddelerin beslenme, kozmetik ve farmasötik teknolojilerinde önemli yer ve kullanım alanları bulunmaktadır (Tibbets vd., 2015). Ticari mikroalgler, yalnızca gıda, ilaç ve kozmetik ürünlerinde kullanılmakla kalmayıp farklı birçok sektörde varlığını sürdürmektedir. *Chlorella* (Aksu ve Dönmez, 2006), *Spirulina* (Colla vd., 2007; Çelekli vd., 2009), *Scenedesmus* (Çelekli vd., 2008), *Dunaliella* (Çelekli ve Dönmez, 2006) ve *Haematococcus* (Samori vd., 2019) gibi mikroalg türleri biyoteknolojide kullanılmak üzere ticari olarak üretilmektedir (Chew vd., 2017).

Ayrıca mikroalgler önemli birer vitamin kaynağıdır (Simpore vd., 2006; Belay, 2013; De La Jara vd., 2018). Bu canlılar aralarında provitamin A, B vitaminleri (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9 ve B12 gibi), C vitamini ve K vitamini bulunan çeşitli vitaminleri üretirler. Çeşitli araştırmacılar vitamin sentezinin gelişim fazı veya hasat koşullarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Örneğin üstel gelişim fazında mikroalg biyokütlesi hasatı en yüksek C ve E vitaminleri verimliliği ile sonuçlanabilmektedir. Ancak durgun fazda provitamin A ve B2 vitamini oranları düşüktür. Vitamin sentezi ayrıca fotoperiyot ve ışık şiddetinden etkilenir. Örneğin sürekli ışık şiddeti mikroalg kültürlerinin daha fazla B2 ve B6 vitamini üretimi ile sentezine neden olabilirken, 12 saatlik karanlık-aydınlık periyotları bu vitaminlerin sentezlenme düzeylerini azaltabilmektedir. E vitamini sentezi için kullanılabilecek mikroalgler arasında *H. pluvialis*, *Scenedesmus* sp., *Tetraselmis striata*, *Tetraselmis tetrathele*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas reinhardtii* ve *Chlorella* sp. bulunmaktadır. Ayrıca *Chlorella* sp. ile birlikte *Dunaliella tertiolecta* riboflavin (B2) ve kobalamin (B12 vitamini) sentezi için öne çıkan türlerdir (Mehariya vd., 2021). Mikroalg bileşiminde bulunan B12 vitaminin konsantrasyonu ve bu bileşimdeki yüksek demir miktarı, özellikle vejeteryan diyet tercih eden bireyler için dikkat çekici özelliklerdir. Diğer biyokimyasal kompozisyonun bileşenlerinde olduğu gibi

vitaminler için de tür, gelişim aşaması ve hasat dönemi, yetiştirme ortamı besin çeşitliliği ve ışık kaynak ve miktarı önemli faktörlerdir. Ancak çevresel ve yetiştiricilik faktörleri yanı sıra hasat-sonrası prosessler ve bu proseslere ait koşullar, özellikle vitaminlerin bulundukları formlar, çözünürlük özellikleri ve stabilite davranışları nedeni ile mikroalgal ürünlerin vitamin profili ve konsantrasyonlarını etkilemektedir (Gouveia vd., 2008).

Mikroalg orijinli karotenoidler ve diğer pigmentler, nutrasötik etkileri yanı sıra kozmetik uygulamalarda kullanıma imkanları ile dikkat çekmektedir. Benzer şekilde mikroalgal değerli besin öğeleri (örneğin beta-karoten, astaksantin, fikosiyanin ve EPA, DHA gibi çoklu doymamış yağ asitleri) gıdaların bileşiminde hem teknolojik (örneğin renk, antioksidan aktivite) hem de fonksiyonel – sağlıklı destekleyici amaçlarla kullanılmaktadırlar.



Şekil 2.8 Azteklerin mavi yeşil alglerden kek üretimi

2.3.1 *Spirulina platensis* Üretimi ve Genel Özellikleri

Spirulina, esasen siyanobakter (mikroalg) türünü tanımlamak için kullanılan ticari bir adlandırmadır. Taksonomik adı *Arthrospira plantensis*'dir. Dünya çapında en yaygın üretimi yapılan mikroalg olma özelliğini taşımaktadır. Örneğin İspanya'da ticarileşmiş çoğu mikroalg içeren ürünün etiketi "mikroalg" kelimesinden öte "*Spirulina*" ve/veya "*Chlorella*" sözcüklerini içermektedir (Lafarga vd., 2021). Dallanma göstermeyen trikom silindirik olup gevşek heliks şeklinde sarmal yapıya sahiptir. Bu tür için filament hücrelerin eni 8-10 µm, boyu yaklaşık 5-10 µm ve heliks sıklığı ise yaklaşık 110 µm'dir. Heterosist yapıya sahip olmayan filamentler kayma hareketine sahiptirler (Borowitzka, 1992; Çelekli ve Yavuzatmaca, 2009).



Şekil 2.9 *Spirulina platensis* (UTEX, 1926)

Spirulina ve türleri özellikle Güney Amerika, Asya ve Afrika kıtalarının ekolojik sisteminde tuzlu ve tatlı sularda, alkali ortamlarda, sıcak ve sıg sularda, su dışında karada, bataklıklarda ve hatta ekstrem sayılabilecek ortamlarda örneğin; kısmi çöl kabul edilen tuzlu ve sıg olan Çad Gölü'nde bile kendiliğinden yetişebilmektedir (Borowitzka ve Borowitzka, 1992; Richmond, 1992; Soudy vd., 2018). Doğal ekolojik ortamlar dışında yukarıda bahsedilen açık ve kapalı kültür sistemlerinde (havuzlar, fotobiyoreaktörler vb.), laboratuvar ortamlarında dahi uygun şartlar sağlandığında *Spirulina* ve türleri üretilmektedir (Daniel ve Kumuthakalavalli, 1992). Bu mikroalg için minimum ve maksimum yetişme sıcaklıkları sırasıyla 18°C ve 39°C olup bu özellik için ideal düzey ise 30-35°C aralığındadır (Prasad ve Siddiqui, 2017).

Spirulina platensis hücrelerinin rengi klorofil ve fikosiyenin pigment içeriklerinden dolayı koyu yeşildir (Becker, 1995; Cohen, 1997; Sarada vd., 1998; Soni vd., 2017). *Spirulina platensis* kültürlerinde ortam sıcaklığı yükseldiğinde, klorofil-a ve fikobiliprotein oranlarında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalarda, 42-43°C sıcaklıktaki kültür ortamında, *Spirulina* filamentlerinin içerdiği klorofil-a ve fikobiliproteinlerin yapılarında değişim meydana geldiği ve karotenoid miktarındaki yükselişe bağlı olarak 35°C'de karakterize edilmiş mavi-yeşil rengin, yeşile dönüştüğü bildirilmiştir (Cohen, 1997; Yılmaz ve Duru, 2011; Kori, 2012).

2.3.2 *Spirulina platensis* ve Sağlık İlişkisi

Son yıllarda yürütülen çeşitli bilimsel çalışmalarda mikroalglerin beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. Aralarında *Spirulina*'nın da bulunduğu çeşitli mikroalg türleri içerdikleri yüksek miktardaki biyoaktif bileşenleri ve buna bağlı olarak farmakolojik katkıları nedeniyle diğer bazı mikroalglere göre daha öne çıkmaktadırlar. Çeşitli bilimsel çalışmalar *Spirulina* türlerinin; anti-karsinojen aktivite, bağışıklık sistemini güçlendirici ve destekleyici etki, kardivasküler sistem destekleyicisi özellik, şeker alımı ve salınımının modifikasyonu, antiviral aktivite gibi etkilere bağlı olarak fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine odaklanmıştır (Kim vd., 1998; Bermejo vd., 2008; Yakoot vd., 2012). Ayrıca son dönemlerde oldukça önemli bir konu olarak öne çıkan mikrobiyaya ve bağırsak florasını destekleyici etkileri üzerine de yapılan çalışmalarda *Spirulina*'nın bazı olumlu etkileri belirlenmiştir (Bermejo vd., 2008). *Spirulina platensis*, laktik asit bakterilerini etkileyerek prebiyotik etki ve mikrobiyal dengeye katkı sağlamaktadır (Bhowmik vd., 2009; Çelekli vd., 2019, 2020).

Spirulina platensis ve *Chlorella* ile anne sütü, Gamma Linolenik Asit (GLA) içeren tek doğal gıda kaynaklarıdır. *Chlorella* ve *Spirulina*'nın önemli düzeyde temel bir doymamış yağ asidi olan GLA bileşiminde içerdiği ortaya koyulmuş (Otleş ve Pire, 2001; Bermejo vd., 2008) olup, bu yağ asidinin hiperkolesterolü düşürmede farmasötik etkileri vardır (Ishikawa vd., 1989).

Önemli bir protein kaynağı olan *Spirulina* örneğin soya bitkisi gibi alternatifi olabilecek tarım ürünleri ile kıyaslandığında türlerine göre değişkenlik göstermek ile beraber yaklaşık 2 kat fazla protein içeriğine sahiptir (Danesi vd., 2010; Henrikson, 2012). Bu nedenle yeterli protein kaynağına erişim sağlayamayan toplumlar için alternatif bir protein kaynağı olma özelliği taşımaktadır (Layman ve Reddy, 2007). Ayrıca *S. platensis* günlük diyet ile alınması gereken birçok elementi içermekte ve bu yönü ile pek çok gıda maddesine göre tüketimi avantajlar sağlamaktadır (Gershwin ve Belay, 2008). Örneğin yetersiz düzeyde sebze ve meyve tüketen bireyler bu mikroalg türünü toz ya da tablet şeklinde tüketerek eksik kalan besin öğelerini önemli oranda karşılayabilirler. Örneğin demir içeriği bakımından anemi tedavisinde de kullanıldığına dair çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca potasyum, magnezyum, demir, çinko ve kalsiyum gibi mineraller açısından zengin bir kaynaktır (Kim vd., 2015). Spor

veya egzersiz yapan kişiler ile birlikte, hamile ve emziren anneler, gelişim aşamasındaki çocuklar, yaşlı insanlar, selülit ve cilt bozuklukları, kanser, obezite ve AIDS gibi hastalık geçmişi olan insanların protein kaynağı olarak kaliteli ve dengeli beslenmesi açısından da bu mikroalgın tüketimi önerilmektedir (Fox, 1983; Gomes vd., 2003).

Spirulina platensis aynı zamanda endüstriyel ölçekli bir karotenoid kaynağıdır. İçerdiği karotenoidlerden öne çıkanı ise β -karotendir. β -karotenin ise kanser riskini azalttığı yapılan çeşitli çalışmalarda ortaya koyulmuş olup mide ve cilt kanserine karşı da etkili olduğu bildirilmiştir (Fedkovic vd.,1997). Ayrıca bu mikroalg türü bileşiminde β -kriptoksantin ve zeaksantin gibi bazı diğer karotenoidleri de, düşük oranda da olsa, içerirler. Mikroalglerden karotenoid biyo-erişilebilirlik düzeyi yüksek olup bu özellik yüksek antioksidan aktivite ile sonuçlanarak kanser, kardiyovasküler hastalıklar gibi bazı kronik hastalıkların görülme sıklığında düşüş sağlayan ve aynı zamanda anti-aging aktivitesi gösterebilen provitamin-A kaynağı olması nedeni ile önemlidir. Ancak karotenoidler suda çözünmeyen maddeler oldukları ve oksijen, ısı ve ışık hassasiyetleri olması bu maddelerin farklı uygulamalarda kullanılması önünde kısıtlayıcı faktörlerdir. Sonuç olarak *S. platensis*'in ihtiva ettiği β -karoten miktarı dikkate alındığında zengin bir provitamin-A kaynağı olarak tanımlanması mümkündür (Kharrazian, 2013; Gutierrez-Salmeon vd., 2015).

Spirulina platensis'in selülozik hücre duvarı yoktur ve bu nedenle sindirimi göreceli olarak kolaydır (Dillon, vd., 1995). Bu özelliği nedeni ile mide ameliyatlarından sonra ilk tüketilebilen gıdalardan biri olarak kullanılması sonucu komplikasyonların önlenmesine katkıda bulunur (Manoj vd., 2015). Genel olarak ise, gıdaların bileşiminde kullanım öncesi mikroalg hücre duvarının parçalanması, son üründe antioksidan aktivite düzeyini arttırabilmektedir. Bunun nedeni, hücre içi biyoaktif bileşenlerin gıdaya geçiş ve serbest kalma oranlarındaki yükseliştir. Dahası pişirme/ısıl işlem aşamasının hücre duvarlarını yumuşattığı, bunun da fitokimyasalların salınımına yardımcı olduğu konusunda genel bir anlayış bulunmaktadır. Bu etkilerin benzerleri gastrointestinal süreçlerde de gerçekleşmektedir. Dolayısıyla sindirim simülasyonlarının gerçekleştirilmesi bu biyoaktif bileşenlerden yararlanma olanaklarının daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu analiz yöntemleri arasında günümüzde en güvenilir ve yaygın kullanılanlardan birisi INFOGEST yöntemidir. Hernandez-Lopez vd. (2021) tarafından bu teknik ile

sindirimin farklı aşamalarında mikroalg orijinli bileşenlerden kaynaklı antioksidan aktiviteyi incelenmiş ve sindirim ile birlikte bu aktivitenin arttığı belirlenmiştir.

Antioksidanların insan metabolizmasında oksidasyon reaksiyonlarına karşı olarak önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Antioksidan madde ve dolayısıyla aktivite eksikliğinde hipertansiyon, kanser, kalp ve damar hastalıkları, şeker hastalığı, iltihaplanmalar, nörodejeneratif hastalıklar ve hızlı yaşlanma gibi ciddi sağlık sorunları ve bozuklukları ile karşılaşmaktadır (Nakaya vd., 1988; Sandstrom vd., 1998). Bu nedenle aralarında gıda takviyesi ve fonksiyonel gıdaların da bulunduğu farklı formlarda antioksidan madde alımı yaygın bir uygulama ve beslenme davranışı haline gelmiştir. Mikroalgler de bileşimlerinde bulunan doğal antioksidan maddeler nedeniyle zengin bir kaynak olarak düşünülmektedir (Ngo vd., 2010).

Son yıllara ait epidemiyolojik veriler özellikle eikosapentaenoik asit (EPA), dokosapentaenoik asit, dokosaheksaenoik asit (DHA) başta olmak üzere yetersiz çoklu doymamış yağ asidi tüketimi ile depresyon ve Alzheimer hastalığı arasında ilişki olduğunu belirtmektedir (Song vd., 2016; Castejon vd., 2021). Bu yağ asitleri için en uygun beslenme kaynakları balık yağlarıdır. Ancak yüksek talep ve aşırı avlanma kaynaklı olarak bu kaynağın sürdürülebilirliğine yönelik kaygılar bulunmaktadır. Ayrıca tüm balık yağları değil, özellikle soğuk sularda yetişen ve yeterli düzeyde mikroalg tüketen balıklara ait olanlar bu bileşenlerce zengindir. Yine, bakır, civa gibi toksik ağır metaller yanısıra PCB'ler ve dioksinler gibi organik kirleticilerle bazı balık çeşitlerinde karşılaşılabilir (Thompson and Darwish, 2019). Bunun sonucunda son yıllarda bilimsel çalışmalar omega-3 yağ asitleri için alternatif ve sürdürülebilir kaynakların belirlenmesine yönelmiş olup bunlar arasında ise mikroalgler öne çıkmaktadır. Ayrıca doğada tuzlu su mikroalglerinin EPA ve DHA'nın başlıca üreticisi olan canlılar olması bu arayışın ve çalışmaların başlıca nedenleri arasındadır. Çünkü mikroalgler özellikle alfa-linolenik asit (ALA), EPA ve DHA gibi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin (omega-3 yağ asitleri) zengin kaynaklarıdır. Bu yağlar sağlık üzerinde önemli ve olumlu etkilere sahip olup, vejeteryan ve vegan beslenen kişiler için mikroalg lipidleri eşsiz omega-3 yağ asitleri kaynaklarıdır.

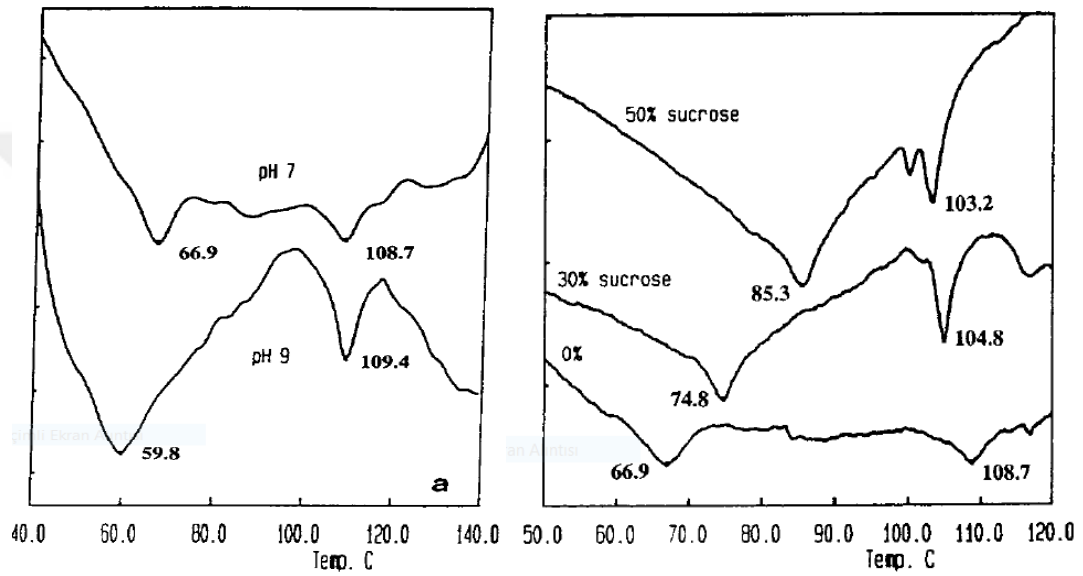
Omega-3 yağ asitlerinin pazar payı 2014 yılı için 2.5 milyar USD'dir. Pazar araştırma raporları omega-3 pazarının 2019 yılındaki büyüklüğünün ise 4.07 milyar USD'ye eriştiğini, 2025 yılı için ise 8.52 milyar USD ulaşacağını ön görmektedir. Ancak bu

değerlerin küresel pandeminin bir sonucu olarak pandemi öncesi öngörülerden çok daha yüksek düzeylere ulaşabileceği belirtilebilir. Ayrıca mikroalg protein pazarı da büyüme içinde olup, 2050 yılı için toplam protein ihtiyacının %18'lük bölümünün mikroalg proteinlerden karşılanacağını öngören çalışmalar mevcuttur. 2019 yılı verilerine göre yaklaşık 700 milyon USD'lik bir büyüklüğü olan mikroalg protein pazarının 2020-2026 arasında yıllık %6 büyüme göstereceği tahmin edilmiştir (Meharinya vd., 2021). Ayrıca mikroalglerin yüksek kalitedeki proteinler, EPA ve DHA'yı da içeren çoklu doymamış yağ asitleri ile sağlığı teşvik edici fikosiyanın, lutein ve astaksantin gibi biyoaktif molekülleri yüksek düzeylerde içermeleri nedeni ile çeşitli ticari ürün geliştirme ve bilimsel araştırma çalışmalarına konu edilmelerine neden olmaktadır. Bunlar arasında fonksiyonel fırıncılık ürünleri, içecekler, makarna, şekerleme, çikolata ve diğer bazı gıda maddeleri bulunmaktadır. Yine de belirli sayıda mikroalg gıda bileşiminde kullanılmaktadır. Bu ürünler AB'de Yenilikçi Gıda Regülasyonu (Novel Food Regulation, 2015/2283) koşullarına uygun olarak ticarileştirilebilmektedir. Ancak uzun süreli kullanımları nedeni ile *Spirulina* ve *Chlorella*'nın pazara erişimi bu regülasyona konu edilmemekte olup, gıdalarda en yaygın kullanılan türler olarak tanımlanmaları mümkündür (Lafarga vd., 2021). Ayrıca *S. platensis* FDA tarafından GRAS belgesi alarak gıda ve gıda takviyesi olarak onaylanmıştır (FDA, 2002; Lucas vd., 2017).

2.3.3 *Spirulina platensis* Protein İzolatları

Şekerleme ürünlerinde kullanım amaçları esas alındığında *S. platensis* bileşenlerinden özellikle (i) pigment ve (ii) protein grubu olan maddelerin özelliklerinin önem taşıdıkları belirtilebilir. Bu çalışmada *S. platensis* biyokütlesinin alternatif bir stabilizatör ve jelleştirici madde olarak havalandırılmış bir şekerleme ürünü olan marshmallowda kullanım olanaklarının belirlenmesi amaçlandığı için, özellikle protein fraksiyonun fiziko-kimyasal ve diğer teknolojik özellikleri öne çıkmaktadır. Ancak bilimsel literatür incelendiğinde *S. platensis* biyokütlesinin bu amaçla kullanımı ve sonuçlarına dair bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Yalnızca bu mikroalgden elde edilen protein izolatının, şekerleme ürünlerinde kullanımı sırasında bazı davranışlarına ışık tutabilecek bir çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada *S. platensis* protein izolatının termal davranışı, özellikle viskozite olmak üzere akış özellikleri ile jelleşme davranışı incelenmiştir (Chrokanis, 2001). Çalışmada 0,5

mg/mL konsantrasyonda hazırlanan *S. platensis* protein izolatu nötr koşullar (pH 7) altında 0,1 M Tris-HCl tampon çözeltisi ilavesi sonra bu çözeltiye 0,02 M CaCl₂ eklenerek elde edilen materyalin farklı koşullardaki şeker çözeltisi üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Farklı şeker konsantrasyonuna (%0,0, 30,0 ve 50,0, m/v) sahip çözeltelerde nötr (pH 7,0) ve alkali (pH 9) koşullarda, taramalı differansiyel kalorimetre (DSC) tekniği kullanılarak termal davranışı incelendiğinde, ilgili koşulların değişimi ile birlikte camsı geçiş sıcaklığının (T_g) değiştiği belirlenmiştir (Şekil 2.10).

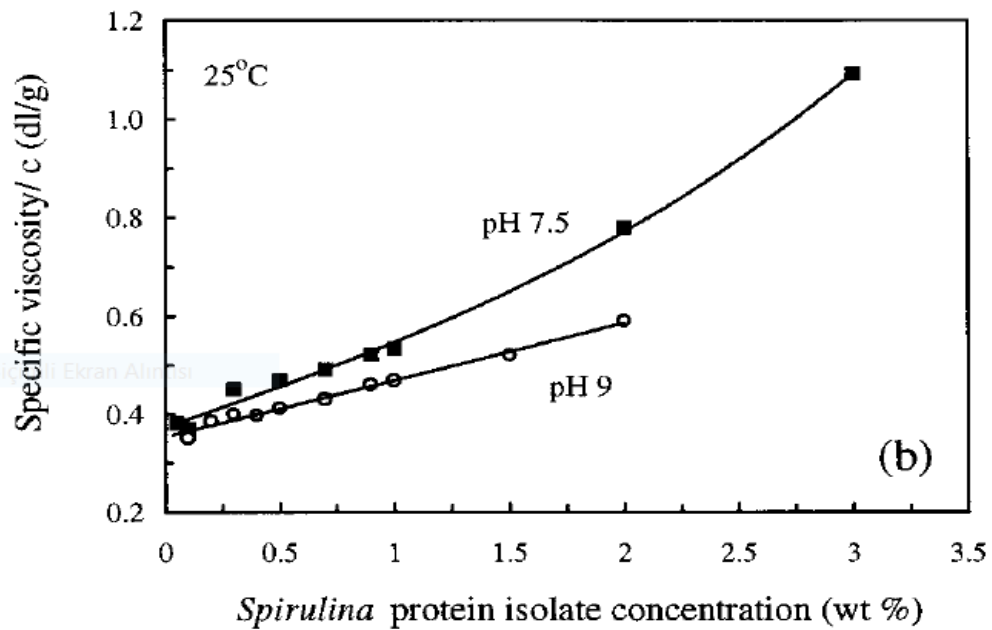


Şekil 2.10 *Spirulina platensis* protein izolatu camsı geçiş sıcaklığı (T_g) ile ortam pH değeri ve şeker konsantrasyonunun ilişkisi

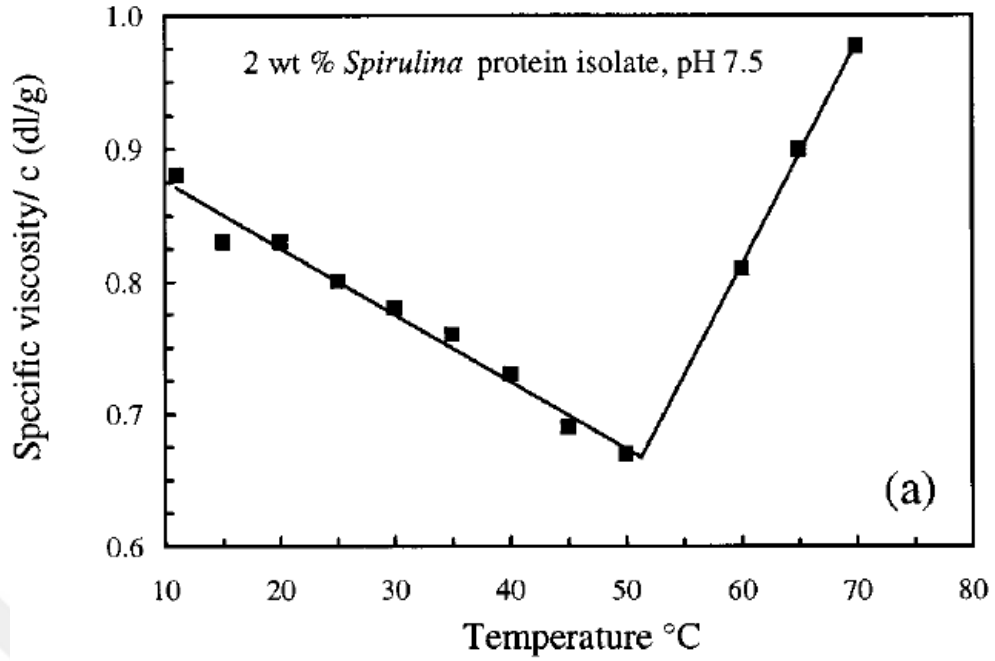
Elde edilen sonuçlara göre, şeker-*S. platensis* protein izolatu çözeltisinde termal geçişlerin nötr koşullarda 67 ve 109 °C’lerde iken, bazık koşullarda bu geçişlerin 60,0 ve 110 °C’de olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara bağlı olarak, marshmallow prosesinde uygulanan ısı işlem yanı sıra, şeker şurubu pH değerinin, *S. platensis* protein izolatının jelleşme özellikleri üzerindeki etkilerinin dikkate alınması gereken faktörler arasında olduğunu belirtmek mümkündür. *Spirulina platensis* protein izolatının şeker varlığındaki camsı geçiş sıcaklık ilk değerinin, şeker içermeyen ve nötr koşullardakinden yüksek olduğu, ancak ikinci T_g değerinin ise düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum bir diğer yaygın stabilizatör olan ve yine protein yapısındaki jelatin ile benzer bir davranış olarak değerlendirilebilir. Çünkü bulunduğu koşullarda şeker varlığı ve konsantrasyonu, jelatin termal davranışını etkileyen faktörler arasında

yer almaktadır (Burey vd., 2009; Hartel vd., 2018; Gok vd., 2020). Ayrıca Chrokanis (2001), şeker-*S. platensis* protein izolatu çözeltisinde termal davranışı etkileyen bir diğer faktör olarak CaCl_2 varlığı ve konsantrasyonunu vurgulamıştır. CaCl_2 , sodyum hekzametabifosfat ile birlikte, jelatinin bulunduğu yapılarda co-stabilizatör ve co-jel ajanı olarak kullanılabilen bir bileşiktir (Hartel vd., 2018; Konar, 2021). Dolayısı ile *S. platensis* protein izolatu ile de bu bileşenin etkileşimde olması ve termal davranışlarını etkilemesi dikkat çekici bir sonuç olarak belirtilebilir.

Şeker şuruplarında, diğer akışkanlarda olduğu gibi akış davranışı ve bu davranışın tanımlanmasında önemli bir parametre olan viskozite, sıcaklığın bir faktörüdür (Burey vd., 2009). Ancak protein çözeltilerinde ayrıca dikkate alınması gereken bir husus, sıcaklığın neden olabileceği ve konformasyonel yapıda değişimler ile sonuçlanan denatürasyondur. Şekerleme prosesi esas alındığında protein denatürasyonu köpükendirme kuvvetinde değişime neden olsa da bu değişimin şiddeti üzerinde ilgili çözeltinin pH değeri de büyük öneme sahiptir (Hartel vd., 2018). *Spirulina platensis* protein izolatu çözeltisinin de akış davranışındaki (viskozite) ve çözünürlük düzeyindeki değişimler, Chrokanis (2001) tarafından denatürasyon ile ilişkilendirilmiş, alkali koşullarda (pH 9) protein çözünürlüğünde artış gerçekleşirken, viskozitede düşüş belirlenmiştir.

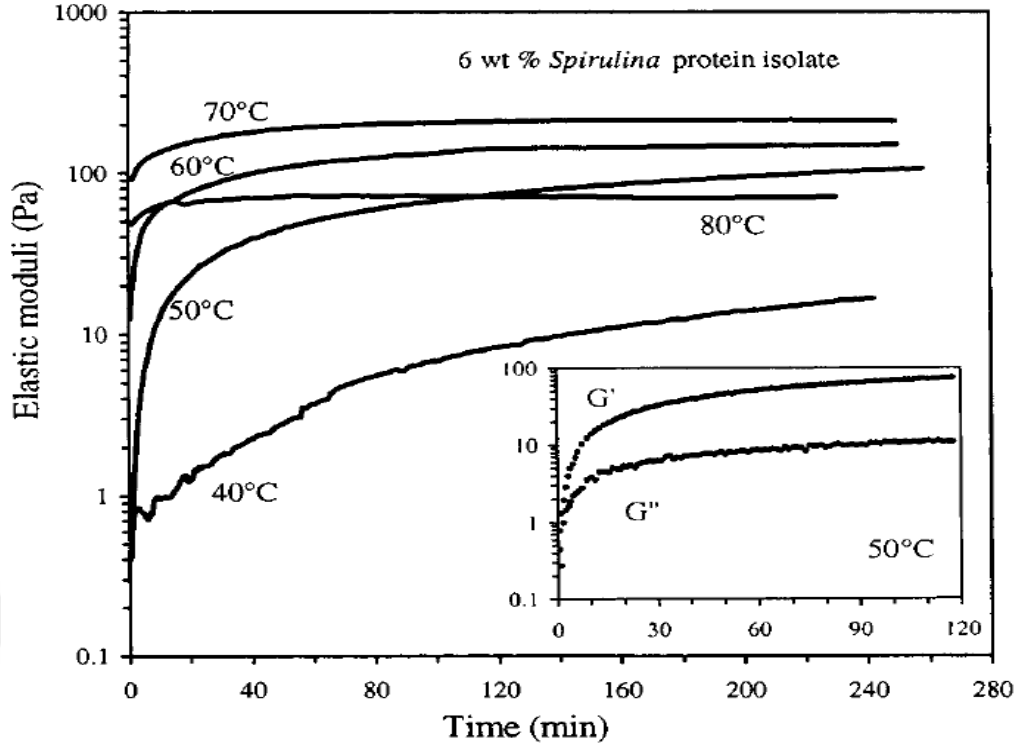


Şekil 2.11 *Spirulina platensis* protein izolatu ortam pH değeri ile çözelti viskozitesi ilişkisi



Şekil 2.12 *Spirulina platensis* protein izolatu çözeltisi için sıcaklık - viskozite ilişkisi

S. platensis protein izolatu çözeltisi 90°C'ye ısıtılması ile çözeltide jelleşme davranışının artış gösterdiği belirlenmiş olup, bu sıcaklığın oda sıcaklığı seviyesine düşürülmesi ile birlikte oluşan jel yapının elastikiyet özelliğinin, oluşan ağ yapının bir sonucu olarak artış gösterdiği vurgulanmıştır. Ayrıca düşük konsantrasyonlarda dahi bu protein izolatının iyi jelleşme özellikleri gösterdiği, sıcaklık maruziyeti ile hidrofobik bölgelerde koagülasyonlar gerçekleştiği ve jelleşmenin devam ettiği tespit edilmiştir. Jelleşme davranışı ve şeker çözeltisinde ağ yapının oluşmasında, oluşan hidrojen bağlarının önem taşıdığı, soğutma ile birlikte sertliğin artış gösterdiği ve daha stabil bir ağ yapıya ulaşıldığı belirtilmiştir. Ancak *S. platensis* proteinlerinin tek başlarına yeterli mekanik özelliklere sahip bir jel yapı oluşturma yeteneğine dair problemler Chrokaniş (2001) tarafından moleküller arasında oluşan sülfidril ve disülfid bağlarının jel kuvvetine çok büyük etkileri olmaması ile ilişkilendirilmesi ile birlikte, soğuma sırasında artan elastikiyet özelliğinin yapı açısından avantajlar sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Bu soğutma işlemi sırasındaki süre ve sıcaklık değişiminin ise oluşan jelin elastikiyetini etkilediği belirtilebilir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 *Spirulina platensis* protein izolatı esaslı jel yapının elastik modül değeri üzerinde sıcaklık ve sürenin etkisi

Ancak, *S. platensis* biyokütlesi kullanımında yalnızca protein fraksiyonun denatürasyon ve jelleşme davranışlarının değil, ayrıca bileşimde bulunan pigmentler ile proteinlerin etkileşimlerinin de dikkate alınması gerekir. Dolayısıyla, biyokütle ve protein izolatı çalışmalarında farklı sonuçlar ile karşılaşılabilir. Ayrıca protein izolatının elde edilme yöntemi de dikkate alınması gereken bir diğer konudur. Genel olarak *S. platensis* protein izolatları diğer proteinlerde olduğu gibi ısı indüklemesi ile beraber 2 aşamalı bir proses sonucu elde edilir. Bu aşamalar (i) protein zincirinin açılması ve (ii) agregasyondur. İlk aşama tersinir iken ikinci aşama tersinir değildir. Ayrıca *S. platensis* protein izolatlarının denatürasyon sıcaklığının üstüne bir sıcaklığa ısıtıldığında ve ortam sıcaklığına yeniden soğutulduklarında, jelleşme gerçekleşmesi kaçınılmaz olup, bu şekerleme teknolojisi esas alındığında bir dezavantaj yaratmayacaktır. Hidrofobik etkileşimlerin önemli olduğu, molekülerarası disülfid bağlarının etkisinin ise jel oluşumuna etkisinin düşük, ancak bu jelin fiziksel özellikleri üzerinde önem taşıyor olması söz konusudur. Dolayısı ile bu jelleşme davranışı halen kompleks olarak tanımlanabilir ve ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.4 Literatür Özeti

Bu çalışmanın amacı, havalandırılmış ve köpüklü şekerlemelerde alternatif, bitkisel ve yenilikçi bir stabilizatör ve jelleştirme ajanı olarak *S. platensis* biyokütlesinin kullanım olanaklarının belirlenmesi ve bu amaca yönelik uygulamalarda jelatin ikame oranı, alternatif stabilizatörün hidrasyon sıcaklığı ve marshmallow üretiminde havalandırma sıcaklığı etkisinin belirlenmesidir. Marshmallow, “Pate de Guimauve“ ismi ile Fransa’nın Marshy bölgesinde yetişen ve gülhatmi bitkisine benzeyen *Althaea officinalis* (Hatmi çiçeği) bitki kökü öz suyunun yumurta ve şeker ile karıştırılıp köpüklendirilmesi ve kıvamının geliştirilmesi ile ilk olarak Fransa’da üretilmiştir (Lees & Jackson, 1973). Bir başka tanımlama olarak; marshmallow, düşük yoğunluğu ve özgün tekstürel özellikleri yanı sıra poroz yapısı ile karakterize, nem içeriği, bileşenleri ve proses çeşitliliğine göre depozit ve ekstrüde olarak sınıflandırılan bir yumuşak şekerleme ürünüdür. Ekstrüde ve depozit sınıflandırılmalarına ilave olarak içerdği şekerin kısmi kristallenmesi ya da kristallenmemesi özelliğine göre de sınıflandırmak mümkündür (Hartel vd., 2018).

Marshmallow karakteristik özelliklerinden en önemli iki unsurdan biri aerasyona uğratılması diğeri ise nem miktarı düzeyi ve bunun tekstürel özellikler üzerindeki etkisidir (Periche vd., 2015). Hava, marshmallow hacmini arttırmak ve yoğunluğu düşürmek ve istenilen tekstürel özelliklere sahip ürün elde etmek açısından, rutubet ise akış özellikleri üzerindeki etkisi nedeni ile marshmallow üretim sürecine ve ayrıca tekstürel özellikler üzerindeki etkisi nedeni ve duyuşal özellikler üzerindeki etkisi nedeni ile önem taşır (Mardani vd., 2019). Havalandırmaya yardımcı karışım, bir diğer ifade ile stabilizatörler olarak farklı hidrokolloidler kullanılabılır. Bunlara örnek olarak, farklı bloom değerlerinde sığır jelatini, yumurta akı tozu (albümin), süt ya da soya proteinleri belirtilebilir (Schrieber ve Gareis, 2007).

Marshmallow ayrıca havalandırılmış yumuşak şekerleme olarak da tanımlanabilir. Son ürün yoğunluğu; 0,25 – 0,70 g/cm³ arasında değişkenlik gösterebilmekte olup, bu değer marshmallow çeşidi yanı sıra, üretim yöntemi, ekipman ve proses parametresi seçimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Nem miktarı ise, son ürün hedeflenen kullanım özelliği ile birlikte hedeflenen tekstürel parametrelere bağlı olarak 10-30 g/100 g düzeylerindedir (Subramainiam, 2016).

Jelatin, marshmallow bileşiminde kullanılan en yaygın stabilizatördür. Ancak yumurta albümini, süt proteini ve soya proteini de kullanılabilir. Jelatin, benzersiz bir elastik tekstür sağladığından şekerlemelerde en yaygın stabilizatör olması ile birlikte kazandırdığı bu tekstürel özellikler jelatin bloom değeri ve kullanılan jelatin miktarı seçimi ile modifiye edilebilir. Tanesiz marshmallow, daha yüksek seviyelerde (%4-6) kullanılan düşük bloom değerine sahip (125) jelatin çiğnenebilirlik özelliği geliştirilmiş bir tekstür sağlarken, daha düşük seviyelerde (%2.5-4.0) kullanılan yüksek bloom değerine sahip (250) jelatin daha short bir tekstür kazandırır. Taneli marshmallow için düşük bloom değerine sahip jelatin, %2.5-4.0 düzeylerinde kullanılır (Schrieber ve Gareis, 2007; Artamonova vd., 2017; Mardani vd., 2019). Jelleştirme ajanlarının temel görevi şeker şurupları ile karıştırıldıklarında havayı şeker kristallerinin içerisinde hapsederek oluşan marshmallowun yoğunluğunu düşürmektir. Jelatin yerine seçilen diğer jelleştirme ajanları farklı avantajlar sağlayabilir (Subramaniam, 2016).

Ticari olarak üretilen marshmallowların sıcak ortamlardaki raf ömrü süresi genellikle 20-22 haftadır. Sıcaklığın kontrol altında tutulduğu şartlarda ise raf ömrü süresi 40 haftaya ulaşabilmektedir. (Tam and Lim, 2008).

Jelatin, jelleştirme ajanları ve hidrokoloidler arasında protein yapısında olması, kullanım yaygınlığı ve etki düzeyi yanı sıra farklı özelliklere sahip yapılara ulaşılmasına yönelik değişkenlik gösteren formlarda elde edilebilmesi nedenleriyle öne çıkan bir maddedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Hayvansal orijinli olan bu madde, deri, kemik ve sinir dokularından farklı teknikler kullanılarak elde edilmektedir. Jelatin üreticileri, farklı proses uygulamaları ile hidrokoloidal etkileri ve fiziko-kimyasal özellikleri çeşitlilik gösteren jelatin türleri geliştirmişlerdir. Bu proses farklılıklarının temelinde jelatin hidrolizi için asidik veya bazik koşulların uygulanması bulunmaktadır. A tipi jelatin olarak adlandırılan çeşit için asidik, B tipi için ise bazik koşullar kullanılmaktadır (Altan Kamer vd., 2019).

Jelatinin temel karakteristik özellikleri olan jel yapma kuvveti (bloom derecesi), viskozitesi ve izoelektrik noktası üzerinde üretiminde kullanılan proses yöntemi ve parametrelerinin önemli etkisi söz konusudur. Uygulanan jelatin proses yöntem ve koşulları yanı sıra, kolajen kaynağı ve hammaddenin elde edildiği hayvan(lar)ın yaşı da bu özelliklerin farklılaşmasına neden olabilir. Jel kuvvetine (bloom derecesi) etki

eden en temel kriter ise toplam amino asit içeriğindeki prolin ve hidroksiprolin konsantrasyonlardır. Bu iki amino asit yüksek düzeylerde bulunması halinde, jelleştirme kuvvetinde artış gözlenir (Eastoe and Leach, 1958). Gıda endüstrisinde jelatin farklı teknolojik fonksiyonlarına göre tercih edilir. Bunların başında ise jelleşme, kalınlaştırma, stabilizasyon, tekstür düzenleme ve emülsifikasyon etkisi gelmektedir (Cebi vd., 2019). Ticari jelatinlerin bloom değerleri (jel kuvveti= jelatin bloom değeri x jelatin konsantrasyonu) 3 kategoriye ayrılmıştır:

- Düşük bloom değerli jelatin (125 bloom'dan düşük)
- Orta bloom değerli jelatin (150 – 200 bloom)
- Yüksek bloom değerli jelatin (220 bloom'dan yüksek)

Mikroalgler çoğalma ve gelişimleri, bir başka ifade ile yaşamsal faaliyetlerini sürdürmeleri için ışık, karbondioksit ve bazı inorganik maddelere ihtiyaç duyarlar. (Wood, 1991). Aralarında *Spirulina*, *Dunaliella* ve *Chlorella* gibi farklı mikroalg çeşitlerinin bulunduğu bu canlılar, bileşimlerinde beslenme açısından önemli bileşenleri içermeleri nedeni ile geçmişten günümüze insanlar tarafından gıda olarak kullanılmışlardır (Spolaore vd., 2006; Viganı vd., 2015). Ayrıca mikroalgler yanı sıra çeşitli makroalgler de, karagenan, agar-agar ve aljinat gibi birçok gıda ürününde aralarında jelleştirici ve kalınlaştırıcı ajan fonksiyonları da bulunan amaçlarla kullanılan maddelerin kaynakları olma özelliğini taşımaktadırlar (Wood., 1991).

Tuzlu ve tatlı sularda yetişen bazı mikroalgler iyi bir bitkisel protein kaynağı olma özelliği taşımaktadırlar. Yeşil (Chlorophyceae) ve mavi-yeşil (Cyanobacteria) algler kuru formda %40 –65 aralığında, özellikle tür ve yetiştirme koşulları ile hasat dönemine göre değişiklik gösteren kompozisyon ve oranda protein içermektedirler (Indergaard and Minsaas, 1991). Özellikle protein olmak üzere yüksek besin ögesi içeriği ile birlikte sahip olduğu antioksidan aktivite potansiyeli ve biyoaktif bileşenler yanı sıra doğal mavi-yeşil renginden dolayı *S. platensis* (*Arthrospira platensis*) ve *Arthrospira maxima* en çok tercih edilen ve ticarete konu edilen mavi-yeşil alg (siyanobakteri) türleridir (Nicoletti, 2016; García vd., 2017).

Mikroalgler proteine dönüştürülmek üzere farklı amino asitleri sentezleyebilirler. Örneğin *Porphyridium aerugineum* triptofan, lizin, lösin, arjinin gibi farklı aminoasitleri içermekte olup, *Tetraselmis chuii* biyokütlesi bileşiminde arjinin,

Nannochloropsis granulate biyokütlesinde ise lösin bulunur. Esansiyel amino asit olma özelliği taşıyan bu maddelerin beslenme, kozmetik ve farmasötik teknolojilerinde önemli yer ve kullanım alanları bulunmaktadır (Tibbets vd., 2015).

Spirulina, esasen siyanobakter (mikroalg) türünü tanımlamak için kullanılan ticari bir adlandırmadır. Taksonomik adı *Arthrospira plantensis*'dir. Dünya çapında en yaygın üretimi yapılan mikroalg olma özelliğini *Spirulina* taşımaktadır. Örneğin İspanya'da ticarileşmiş çoğu mikroalg içeren ürünün etiketi "mikroalg" kelimesinden öte "*Spirulina*" ve/veya "*Chlorella*" sözcüklerini içermektedir (Lafarga vd., 2021). Dallanma göstermeyen trikom silindirik olup, gevşek heliks şeklinde sarmal yapıya sahiptir. Bu tür için filament hücrelerin eni 8-10 µm, boyu yaklaşık 5-10 µm ve heliks sıklığı ise yaklaşık 110 µm'dir. Heterosist yapıya sahip olmayan filamentler kayma hareketine sahiptirler (Borowitzka, 1992; Çelekli ve Yavuzatmaca, 2009).

Spirulina ve türleri özellikle Güney Amerika, Asya ve Afrika kıtalarının ekolojik sistemlerinde tuzlu ve tatlı sularda, alkali ortamlarda, sıcak ve ılık sularda, su dışında karada, bataklıklarda ve hatta ekstrem sayılabilecek ortamlarda örneğin; kısmi çöl kabul edilen, tuzlu ve ılık olan Çad Gölü'nde bile kendiliğinden yetişebilmektedir (Borowitzka ve Borowitzka, 1992; Richmond, 1992; Soudy vd., 2018). Doğal ekolojik ortamlar dışında yukarıda bahsedilen açık ve kapalı kültür sistemlerinde (havuzlar, fotobiyoreaktörler vb.), laboratuvar ortamlarında dahi uygun şartlar sağlandığında *Spirulina* ve türleri üretilmektedir (Daniel ve Kumuthakalavalli, 1992). Bu mikroalg için minimum ve maksimum yetiştirme sıcaklıkları sırasıyla 18°C ve 39°C olup, bu özellik için ideal düzey ise 30-35°C aralığındadır (Prasad ve Siddiqui, 2017). *Spirulina platensis* hücrelerinin rengi klorofil ve fikosiyanın pigment içeriklerinden dolayı koyu yeşildir (Becker, 1995; Cohen, 1997; Sarada vd., 1998; Soni vd., 2017).

Son yıllarda yürütülen çeşitli bilimsel çalışmalar sonucunda mikroalglerin beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. Aralarında *Spirulina*'nın da bulunduğu çeşitli mikroalg türleri içerdikleri yüksek miktardaki biyoaktif bileşenler ve buna bağlı olarak farmakolojik katkıları nedeniyle diğer bazı mikroalglerle göre daha öne çıkmaktadırlar. Çeşitli bilimsel çalışmalar *Spirulina* türlerinin; anti-karsinojen aktivite, bağışıklık sistemini güçlendirici ve destekleyici etki, kardiyasküler sistem destekleyicisi özellik, şeker alımı ve salınımının modifikasyonu, antiviral aktivite gibi özellikler taşımasından dolayı fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde

kullanılmalarına odaklanmıştır (Kim vd., 1998; Bermejo vd., 2008; Yakoot vd., 2012). Ayrıca son dönemlerde oldukça önemli bir konu olarak öne çıkan mikrobiyaya ve bağırsak florasını destekleyici etkileri üzerine de yapılan çalışmalarda *Spirulina*'nın bazı olumlu etkileri belirlenmiştir (Bermejo vd., 2008). *S. platensis*, laktik asit bakterilerini etkileyerek prebiyotik etki ve mikrobiyal dengeye katkı sağlamaktadır (Bhowmik vd., 2009; Çelekli vd., 2019, 2020). *S. platensis* aynı zamanda endüstriyel ölçekli bir karotenoid kaynağıdır. İçerdiği karotenoidlerden öne çıkanı ise β -karotendir. β -karotenin ise kanser riskini azalttığı yapılan çeşitli çalışmalarda ortaya koyulmuş olup mide ve cilt kanserine karşı da etkili olduğu bildirilmiştir (Fedkovic vd., 1997). *S. platensis*'in selülozik hücre duvarı yoktur ve bu nedenle sindirimi göreceli olarak kolaydır (Dillon, vd., 1995). Bu özelliği nedeni ile mide ameliyatlarından sonra ilk tüketilebilen gıdalardan biri olarak kullanılması sonucu komplikasyonların önlenmesine katkıda bulunur (Manoj vd., 2015).

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Marshmallow yumuşak şekerleme örneklerinin hazırlanmasında; su, sakaroz (Eskişehir Şeker Fabrikası, Eskişehir, Türkiye) 42 DE (Dekstroz Eşdeğer) glikoz şurubu (AMD Cargill Gıda, Bursa, Türkiye), 240 bloom sığır jelatini (Seljel Gıda, Balıkesir, Türkiye), sorbitol (Sunar Mısır Gıda, Adana, Türkiye), toz formda *Spirulina platensis* biyokütlesi (Hawaiian Spirulina Pacificia, Nevada, ABD) ve kalsiyum klorür (Solvay Kimya, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır.

3.1.1 *Spirulina platensis* Biyokütlesi

S. platensis biyokütlesi, Hawaiian *Spirulina Pacificia*'dan serbest akışkan toz formda temin edilmiştir. Üretici spesifikasyonu ve beyanına göre, biyo-güvenli bölgede yetiştirilmiş ve genetiği değiştirilmiş organizmalar ve bileşenler içermemektedir. Ayrıca toz katkı maddesi veya pestisit içermeyip, radyasyona maruz kalmamıştır. Kosher onaylı doğal bir mavi-yeşil alg türüdür. Partikül boyutu $>125 \mu\text{m}$ olup, bulk yoğunluğu $>0.48 \text{ g/L}$ 'dir. *S. platensis* biyokütlesinin, protein oranı kuru maddede %58 ve nem miktarı ise %5.6 (m/m)'dir.

Tablo 3.1 *Spirulina platensis* taksonomik sınıflandırılması

Taksonomi	
Alem	Cyanobacteria
Sınıf	Cyanophyceae
Takım	Oscillatoriales
Aile	Microcoleaceae
Cins	<i>Arthrospira</i>
Tür	<i>Arthrospira platensis</i>

3.2 Örnek Hazırlama

3.2.1 Çalışma Modeli

Üç aşamalı bir model oluşturularak araştırma faaliyetleri yürütülmüştür. Birinci aşamada iki bağımsız değişken belirlenmiştir. Bunlar sırası ile *S. platensis* biyoması çözeltisi konsantrasyonu (0,60-1,80 g/100 g) ile havalandırma sıcaklığıdır (40°C ve 50°C). *Spirulina platensis* biyoması çözeltisi hazırlama sıcaklığı, algal proteinlerin denatürasyon sıcaklığının altında bir sıcaklık düzeyi olarak 30°C seçilmiştir. Toplam stabilizatör ilave miktarı 2,4 g/100 g olup, 240 bloom jelatin kullanılarak bu orana tamamlanmış ve böylelikle algal kaynağın jelatinin %25, %50 ve %75 oranlarında ikamesinin etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Genel faktöriyel düzen (2x3) ile hazırlanmış olan bu aşamaya ait deneme planı kapsamında altı örnek hazırlanmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 Birinci aşama deneme planı.

Örnek	Jelatin konsantrasyonu (g/100 g)	<i>S. platensis</i> konsantrasyonu (g/100 g)	<i>S. platensis</i> çözelti sıcaklığı (°C)	Havalandırma sıcaklığı (°C)
DD1	1,80	0,60	30,0	40,0
DD2	1,80	0,60	30,0	50,0
DD3	1,20	1,20	30,0	40,0
DD4	1,20	1,20	30,0	50,0
DD5	0,60	1,80	30,0	40,0
DD6	0,60	1,80	30,0	50,0

DD: Deneme Deseni

Birinci aşamada elde edilen veriler esas alınarak ikinci aşama çalışmalar yürütülmüştür. Bu nedenle, havalandırma sıcaklığı 40°C, jelatin konsantrasyonu 1,20 g/100 g ve algal biyokütle konsantrasyonu 1,20 g/100 g olarak sabit tutulmuştur. Bu aşamada farklı *S. platensis* biyoması çözeltisi hazırlama sıcaklığının (60 ve 80°C) etkileri incelenmiş olup toplam örnek sayısı ikidir (Tablo 3.3). Ayrıca örneklerin hazırlanmasında 0,40 g/100 g CaCl₂ kullanılmıştır.

Tablo 3.3 İkinci aşama deneme planı

Örnek	Jelatin konsantrasyonu (%)	<i>S. platensis</i> konsantrasyonu (%)	<i>S. platensis</i> çözelti sıcaklığı (°C)	Havalandırma sıcaklığı (°C)
DD7	1,20	1,20	60,0	40,0
DD8	1,20	1,20	80,0	40,0

İkinci aşama elde edilen bulgular ve sonuçlar esas alınarak üçüncü aşama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. *Spirulina platensis* biyoması çözeltisi hazırlama (80°C) ve havalandırma sıcaklıklarının (40°C) sabit tutulduğu bu aşamada algal biyokütleinin farklı jelatin ikame düzeylerinin (%25, %50, %75 ve %100) etkisi incelenmiştir (Tablo 3.4). Ayrıca örneklerin hazırlanmasında 0,40 g/100 g CaCl₂ kullanılmıştır. Bu aşamaya ait toplam örnek sayısı 4, çalışmadaki toplam örnek sayısı ise referans (kontrol) örnek dahil 13'dür.

Tablo 3.4 Üçüncü Aşama Deneme Planı

Örnek	Jelatin konsantrasyonu (%)	<i>S. platensis</i> konsantrasyonu (%)	<i>S. platensis</i> çözelti sıcaklığı (°C)	Havalandırma sıcaklığı (°C)
DD9	1,80	0,60	80,0	40,0
DD10	1,20	1,20	80,0	40,0
DD11	0,60	1,80	80,0	40,0
DD12	0,00	2,40	80,0	40,0

3.2.3 Marshmallow Şekerleme Örneklerinin Hazırlanması

Kontrol örneği dört aşamalı proses uygulanarak hazırlanmıştır. Bu aşamalar; (i) şeker şurubu kaynatma, (ii) jelatin çözeltisi/havalandırma solüsyonu (stabilizatör) hazırlama, (iii) şeker şurubu ve jelatin çözeltisini karıştırma ve havalandırma, (iv) oluşan marshmallowun depozit edilmesi ve soğutulmasıdır. Diğer örnek grupları için de şeker şurubu kaynatma, marshmallow depozit edilmesi ve soğutulması aşamaları aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Örnek hazırlama aşamaları ise Bölüm 3.2.1'de yer alan deneme planında açıklandığı gibi uygulanmıştır.

Şeker şurubu kaynatma aşamasında; sakaroz, su, 42 DE glikoz şurubu ve sorbitol Tablo 3.5'de belirtilen oranlarda karıştırılarak atmosfere açık bir ortamda, açık kaynatma yöntemi ile 104–106°C arasında 82-84 °Brix değerine gelinceye kadar ısıtılır.

işleme uğratılmışlardır. Jelatin çözeltisi hazırlama aşamasında ise 240 bloom jelatin ile 70°C sıcaklıktaki su 1:4 oranında 3-5 dakika 30-60 rpm hızla mikserde (Hobart, N50CE, Ohio, USD) karıştırılarak jelatin çözeltisi hazırlanmış ve 30 dakika hidrasyon işleminin gerçekleşmesi için ortam sıcaklığında bekletilmiştir.

Şeker şurubu ve jelatin çözeltisi karıştırma ve havalandırma işlemlerinde 82°Bx'lik şeker şurubu ile 12,0 g/100 g jelatin çözeltisi 50°C sıcaklıkta, 1-2 dakika atmosfere açık bir kapta 30-60 rpm hızda dönen çırpıcı başlık yardımıyla karıştırılmış (Şekil 3.1), karıştırma mekaniği sayesinde oluşan hava keseciklerinin yapıya homojen şekilde dağılması sağlanmıştır. Marshmallow oluştuktan sonra yoğunluk kabı ile yoğunluğu ölçülmüş ve kaydedilmiştir (Şekil 3.2). Marshmallowun depozit edilmesi ve soğutulması amacıyla elde edilen marshmallow plastik plakanın üzerine depozit edilerek ortam sıcaklığında soğutulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.1 Karıştırma mikseri

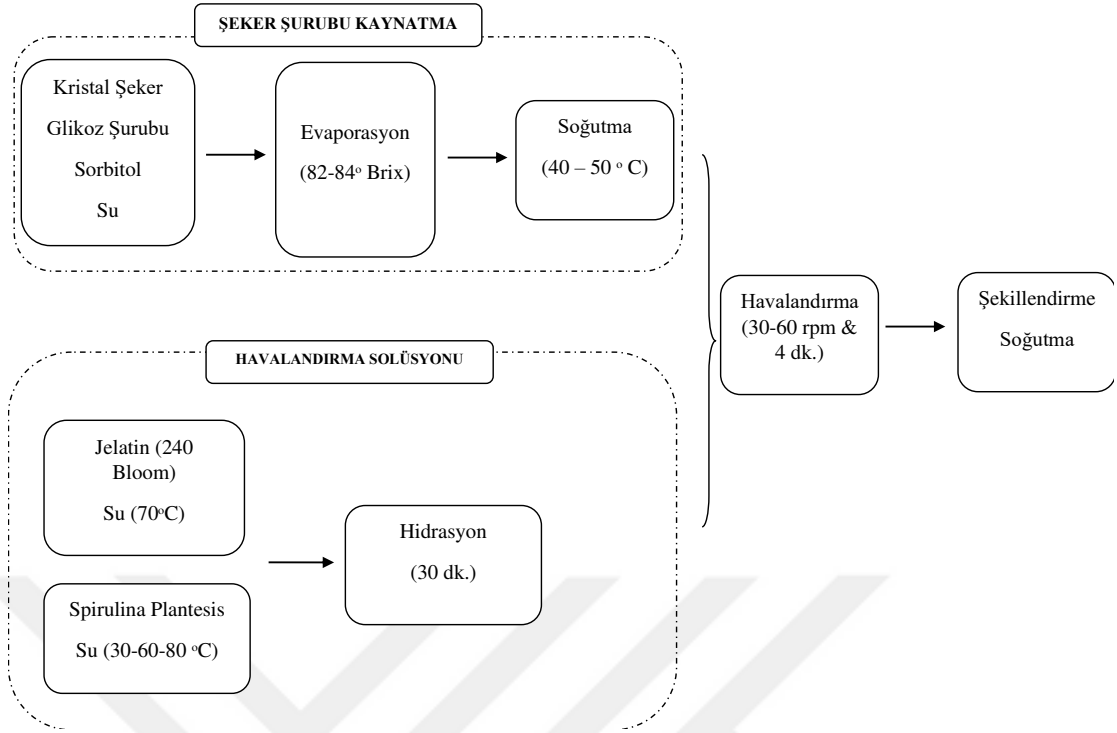


Şekil 3.2 Çırpıcı başlık ve yoğunluk ölçme kabı



Şekil 3.3 Depozit edilmiş referans marshmallow örneği ve yoğunluk ölçümü

Farklı oranlarda *S. platensis* biyokütlesi içeren marshmallow örneklerinin hazırlanması amacıyla da referans ile aynı dört dört aşamalı işlem uygulanmıştır. Bu aşamalar şeker şurubu kaynatma, jelatin çözeltisi ve *S. platensis* biyokütlesi hazırlama, şeker şurubu ve jelatin ve *S. platensis* biyokütlesi çözeltilerini karıştırma ve havalandırma, oluşan marshmallowun depozit edilmesi ve soğutulmasıdır. Yukarıda belirtildiği gibi, şeker şurubu kaynatma, marshmallow depozit edilmesi ve soğutulması aşamaları referans marshmallow şekerleme örneklerinde açıklandığı şekilde uygulanmıştır. Jelatin çözeltisi ve *S. platensis* biyokütlesi çözeltisi hazırlamak amacıyla, 240 bloom jelatin ile 70°C sıcaklıktaki su, 1:4 oranında ve *S. platensis* biyoması ile 30, 60 ve 80° C sıcaklıklarındaki su, 1:4 oranında 3-5 dakika 30-60 rpm hızla mikserde karıştırılarak jelatin çözeltisi ve *S. platensis* biyokütle çözeltisi hazırlanmış ve 30 dakika hidrasyon işleminin gerçekleşmesi için ortam sıcaklığında bekletilmiştir. Şeker şurubu ve jelatin-*S. platensis* biyokütlesi karıştırma ve havalandırma işlemlerinde 82°Bx'lik şeker şurubu ile 12,0 g/100 g oranında jelatin ve *S. platensis* biyokütlesi 40,0 veya 50,0° C sıcaklıkta, 1-2 dakika atmosfere açık bir kapta 30-60 rpm hızda dönen çırpıcı başlık yardımıyla karıştırılmış, karıştırma mekaniği sayesinde oluşan hava keseciklerinin yapıya homojen şekilde dağılması sağlanmıştır. Marshmallow oluştuktan sonra yoğunluk kabı ile yoğunluğu ölçülmüş ve kaydedilmiştir (Şekil 3.4, 3.5 , 3.6 ve Şekil 3.7).



Şekil 3.4 Marshmallow referans ve deneme örneklerinin hazırlanması

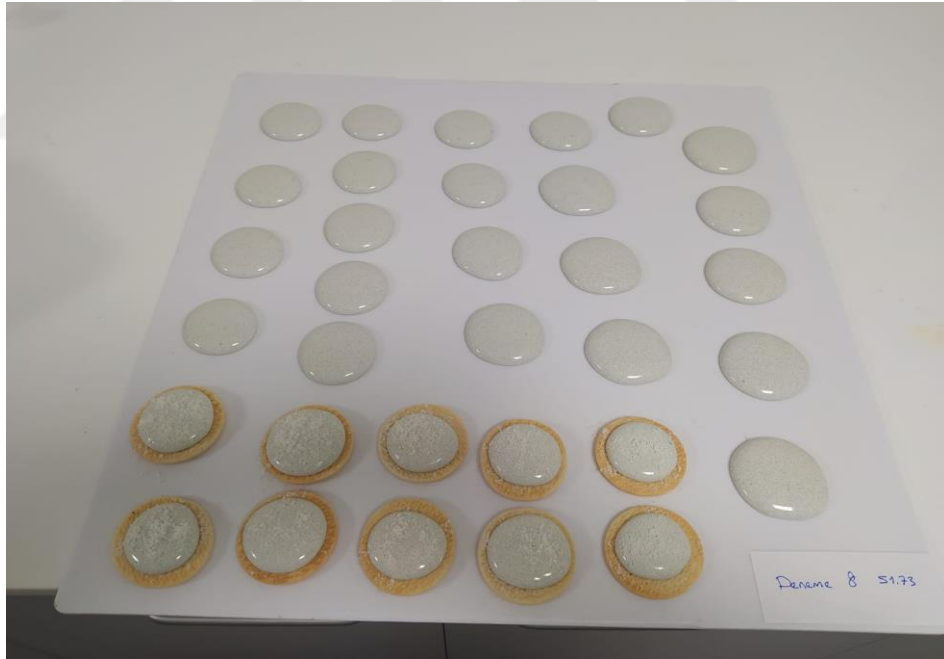
Tablo 3.5 Marshmallow örneklerinin bileşimi (g/100 g)

Örnek	GŞ	Sakaroz	Sorbitol	Jelatin	Su	SP	CaCl ₂
Referans	39,6	35,2	4,40	2,40	18,4	0,00	0,00
DD1	39,6	35,2	4,40	1,80	18,4	0,60	0,00
DD2	39,6	35,2	4,40	1,80	18,4	0,60	0,00
DD3	39,6	35,2	4,40	1,20	18,4	1,20	0,00
DD4	39,6	35,2	4,40	1,20	18,4	1,20	0,00
DD5	39,6	35,2	4,40	0,60	18,4	1,80	0,00
DD6	39,6	35,2	4,40	0,60	18,4	1,80	0,00
DD7	39,6	35,2	4,40	1,20	18,0	1,20	0,40
DD8	39,6	35,2	4,40	1,20	18,0	1,20	0,40
DD9	39,6	35,2	4,40	1,80	18,4	0,60	0,40
DD10	39,6	35,2	4,40	1,20	18,4	1,20	0,40
DD11	39,6	35,2	4,40	0,60	18,4	1,80	0,40
DD12	39,6	35,2	4,40	0,00	17,8	2,40	0,60

GŞ: Glikoz Şurubu, SP: *Spirulina platensis*, DD: Deneme Deseni



Şekil 3.5 DD7 kodlu marshmallow örneği



Şekil 3.6 DD8 kodlu marshmallow örneği



Şekil 3.7 DD9 kodlu marshmallow örneği

3.4 Analiz Çalışmaları

3.4.1. Fiziko-Kimyasal Analizler

3.4.1.1 Yoğunluk

Havalandırma sonucu marshmallowun içeriğine ne kadar hava aldığını (overrun) hesaplayabilmek için yoğunluk kabı (Eti Gıda, Eskişehir, Türkiye) kullanılmaktadır. Yoğunluk kabı sabit hacimli bir kap olup içerisine aldığı kütle sayesinde yoğunluğu hesaplanabilmektedir. Öncelikle yoğunluk kabının darası alınmış, ardından yoğunluğu ölçülmek istenen ürün kaba silme şekilde doldurularak tartılmıştır. Yoğunluk değeri, g/cm^3 cinsinden olmak üzere belirlenmiştir (Mardani vd., 2019).



Şekil 3.8 Yoğunluk ölçme kabı

3.4.1.2 Nem Tayini

Örneklerin nem tayini, halojen ısıtıcılı nem tayin cihazı (MA45, Sartorius, Göttingen, Almanya) ile 102°C de gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla cihazın ölçüm kabına yaklaşık 3 g marshmallow örneği aktarılmıştır. Daha sonra cihazın kapağı kapatılıp ölçüm gerçekleştirilmiştir. Sonuç g/100 g cinsinden nem miktarı olarak belirlenmiştir (Gök vd., 2020). Ölçümler 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

3.4.1.3 Su Aktivitesi Tayini

Örneklerin su aktivitesi değerleri, su aktivitesi tayin cihazı (AQUALAB 4TE, Meter, Pulmann, WA, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Numune kabının belirlenen seviyesine kadar örnek doldurularak 25°C’de su aktivitesi değerleri ölçülmüştür (Periche vd., 2014). Ölçümler 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

3.4.1.4 pH Tayini

Örneklerin pH tayini için pH metre (TESTO 206 ve TESTO 230, Testo, İstanbul, Türkiye) kullanılarak ortam sıcaklığında daldırma yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla 10 g örneğe 100 mL oda sıcaklığında distile su ilave edilmiş ve karışım çözelti 20 dk boyunca manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Ölçümler 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

3.4.2 Renk Analizleri

Örneklerin renk özellikleri, Hunterlab Colorflex EZ renk ölçüm cihazı (HunterLab, Reston, VA, USA) ile ölçüm çapı 25 mm olan prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. L*, a*b* renk ölçüm sistemi ile, L* [(0) siyah-(100) beyaz], a* [(+) kırmızı- (-) yeşil] ve b* [(+) sarı- (-) mavi] değerleri belirlenmiştir. Ayrıca kroma (C*) değeri Eşitlik 3.1 ve hue açısı (h°) değeri Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır. Ölçümler homojen kabul edilen yüzeylerden, en az beş tekrarlı olarak yapılmıştır.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eşitlik 3.1})$$

$$h^{\circ} = \arctan (b^*/a^*) \quad (\text{Eşitlik 3.2})$$

3.4.3 Mikroyapı Tayini

Örneklerin mikroyapılarının incelenmesinde polarize ışık mikroskobu (Nikon-Eclipse LV100ND) kullanılmıştır. Bu amaçla lam üzerine alınan numuneler lamel yardımı ile dikkatlice dağıtılarak üzeri lamel ile kapatılmıştır. Örneklerin mikroyapılarına ait görüntüler 100x ve 200x büyütme katsayısı ile elde edilmiştir. Örneklerin aydınlatılmasında Photonic PL 2000 aydınlatma kolları kullanılmıştır. Mikroyapı görüntüleri NIS Elements F 4.00.00 programı kullanılarak auto exposure ve auto white ayarlamaları yapılarak alınmıştır (Hartel vd., 2018).

3.4.4 Tekstür Analizi

Marshmallow örnekleri hazırlandıktan sonra Tekstür Profil Analizine (TA-TXplus, Stable Micro Systems, Godalming, UK) tabii tutulmuştur. Cihaz, 5 kg yük hücresi ve 2 mm çaplı silindirik prob ile donatılmıştır. %50'lik kompresyon 15 saniye aralıklı ve ardışık olarak iki kez gerçekleştirilmiştir. Test hızı 1 mm/s'dir. Elde edilen kuvvet-zaman kurvesi kullanılarak sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve resilience değerleri belirlenmiştir (Gok vd., 2020). Analizler beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür

3.4.5 İstatistiksel Analiz

Bulgular ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Tek yönlü varyans analizi için ANOVA uygulanması amacı ile elde edilen verilerde Windows tabanlı Minitab 12.0 (Minitab Inc., State College, PA, USA) istatistik paket programı kullanılarak Tukey testi gerçekleştirilip gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı belirlenmiştir ($P < 0.05$).

BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Yöntem ve Ön-İşlemlerin Geliştirilmesi

Marshmallow üretiminde hedef değerlerde yoğunluğa sahip ürün elde edilmemesi halinde, diğer karakteristik özelliklere ulaşılması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, çalışmamızda öncelikli olarak araştırma kapsamındaki bağımsız değişkenlerin (farklı koşullarda hazırlanmış olan ve farklı düzeylerde jelatin ve *S. platensis* biyokütlesinin stabilizatör olarak kullanılması ve marshmallow havalandırma sıcaklığı uygulanarak elde edilen) örneklerin yoğunluk özellikleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar esas alınarak, ileri analiz çalışmaları yürütülmüştür. Bu yaklaşımın gerekçeleri arasında, yeterli ve uygun yoğunluğa ulaşamayan örneklerde diğer analiz çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için uygun fiziksel özelliklere ulaşamaması da bulunmaktadır.

Marshmallow özgün tekstürel özellikleri ve tüketici beğenisi üzerinde yoğunluk kritik öneme sahip olan bir parametredir. Ekstrude ve depozite gibi farklı özelliklere sahip olan ürünler ile ürün bileşimindeki sakarozun kristalizasyon durumuna (kısmi kristalize veya kristalize olmayan) göre farklılıklar göstererek marshmallow yoğunluğu 0,25 – 0,70 g/cm³ arasında olması beklenmektedir (Mardani vd., 2019; Periche vd., 2015; Gitting vd., 2014; Artamonova vd., 2017). Yoğunluk ve bu yoğunluğun tüketime değin korunması üzerinde stabilizatör miktar ve türünün de önemli etkisi bulunmaktadır. Ayrıca ürün bileşimi ve bu bileşimde yer alan diğer bileşenler ile stabilizatörün etkileşimi, yoğunluk değerlerinde sapmalara neden olmaktadır. Ürün diğer özelliklerinde meydana gelen değişim ve sapmalar da (örneğin pH değeri) veya çevresel koşullar (örneğin basınç farklılıkları, sıcaklık dalgalanmaları, bağıl nem değişimi) yoğunluk özelliğinde belirleyicidir (Hartel vd., 2018). Dolayısıyla bu parametre son ürün raf ömrü, kalitesi, ticarileşme potansiyeli ve tüketici beğenisini etkilemektedir. Bu çalışma sonucunda, stabilizatör olarak kullanılan *S. platensis* biyokütlesi konsantrasyonu, *S. platensis* biyokütlesi çözelti hazırlama sıcaklığı ve marshmallow havalandırma sıcaklığının marshmallow yoğunluğu üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Endüstriyel koşullar ve bileşim ile

hazırlanan örneğe ait yoğunluk değeri 0,493 g/cm³ olup, bu değer genel olarak marshmallow yoğunluk değerleri ile uyumluluk göstermektedir. Ancak *S. platensis* biyokütlesinin stabilizatör olarak kullanılması ile birlikte yoğunluk değerinde artış gerçekleşmiş olup, bu örneklerle ait değerler; 0,474-0,934 g/cm³ gibi geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Genel olarak aynı konsantrasyonlarda jelatinin bu mikroalg ile stabilizatör olarak ikamesi sonrası havalandırma işlem sıcaklığının yoğunluk değerinde bir düşüşe neden olması ile birlikte bu düşüşün önemli düzeyde olmaması nedeni ile endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan 40°C’de havalandırma işlemi uygulanan örneklerde farklı sıcaklıklarda hazırlanan alternatif stabilizatörün jelatin ile eş kütlede kullanımında, 80°C’de hazırlanmış alternatif stabilizatör çözeltisi kullanımının daha düşük yoğunluğa sahip marshmallow elde edilmesi ile sonuçlandığı belirlenmiştir (P<0.05). 80°C’de hazırlanan *S. platensis* biyokütlesinin 40°C’de havalandırma işlemi uygulanması sonucu elde edilen marshmallow bileşiminde jelatini %25 oranında ikame ettiği örnek en düşük yoğunluğa (0,474 g/cm³) sahip olmuştur (P<0.05).

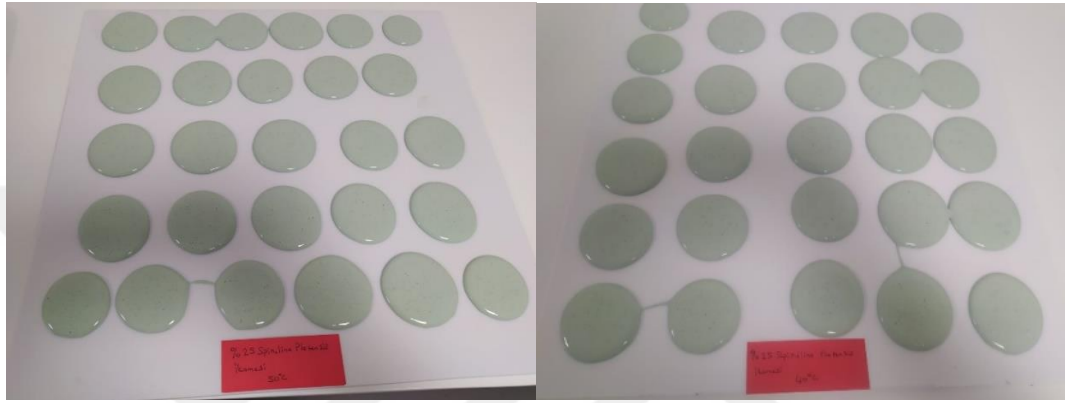
Tablo 4.1 Marshmallow örneklerinin yoğunlukları

Örnek	JK (g/100 g)	SPK (g/100 g)	SPCS (°C)	HS (°C)	Yoğunluk (g/cm ³)
DD1	1,80	0,60	30,0	40,0	0,646±0.020
DD2	1,80	0,60	30,0	50,0	0,617±0.001
DD3	1,20	1,20	30,0	40,0	0,759±0.070
DD4	1,20	1,20	30,0	50,0	0,739±0.004
DD5	0,60	1,80	30,0	40,0	0,934±0.008
DD6	0,60	1,80	30,0	50,0	0,860±0.005
DD7	1,20	1,20	60,0	40,0	0,647±0.070
DD8	1,20	1,20	80,0	40,0	0,517±0.002
DD9	1,80	0,60	80,0	40,0	0,474±0.030
DD10	1,20	1,20	80,0	40,0	0,545±0.001
DD11	0,60	1,80	80,0	40,0	0,714±0.003
DD12	0,00	2,40	80,0	40,0	0,857±0.002
Kontrol	2,40	0,00	60,0	40,0	0,493±0.002

JK: Jelatin konsantrasyonu; SPK: *S. platensis* konsantrasyonu; SPCS: *S. platensis* çözelti sıcaklığı, HS: Havalandırma sıcaklığı. Analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama±Standart Sapma. Üssel küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ifade etmektedir (P<0.05)

Çalışmanın ilk aşamasına ait uygulamalarda (DD1-DD6), *S. platensis* biyokütlesinin stabilizatör olarak kullanım oranı, bu biyokütleyle ait çözeltiyi göreceli olarak düşük

sıcaklıkta (30°C) hazırlama sonrası, 40 ve 50°C’de havalandırma işlemi uygulayarak yürütülmüştür. Elde edilen örneklere ait yoğunluk değerleri, 0,617-0,934 g/cm³ gibi uygun olmayan değerlerde belirlenmiştir (Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3). *Spirulina platensis* biyokütlesinin bileşiminde yer alan ve stabilizatör olarak başlıca görevi üstlenmesi ön görülen protein fraksiyonunun denatürasyonunun gerçekleşmemesi amacıyla düşük sıcaklıkta çözeltinin hazırlanmasının, yetersiz yoğunluğa sahip olan marshmallow eldesi ile sonuçlandığı belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Deneme Deseni 1-2 marshmallow örnekleri



Şekil 4.2 Deneme Deseni 3-4 marshmallow örnekleri



Şekil 4.3 Deneme Deseni 5-6 marshmallow örnekleri

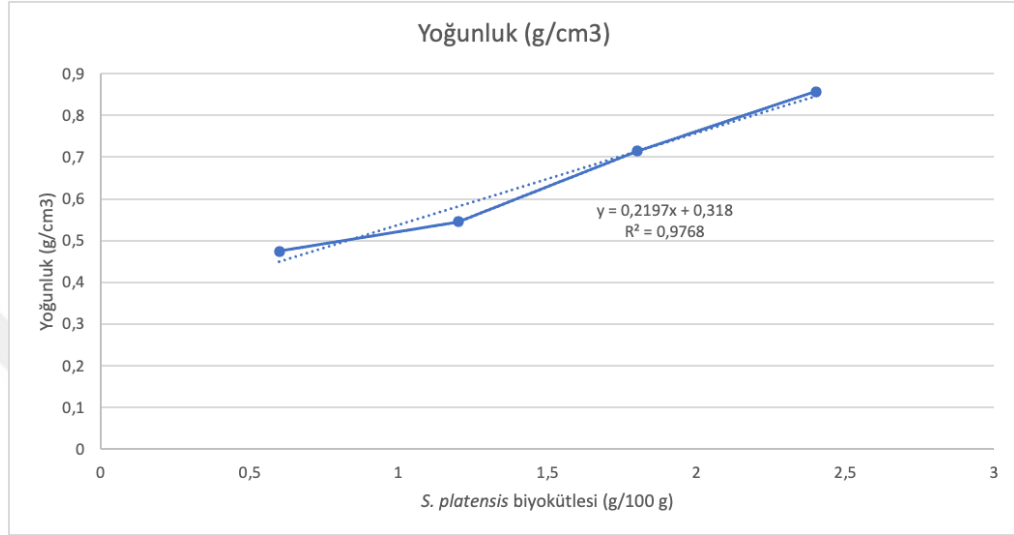
Bu nedenle ikinci aşama çalışmalarında jelatin çözeltisi genel hazırlama sıcaklığı (60°C) ve endüstriyel uygulamalarda marshmallow şeker şurubuna stabilizatör ilavesine uygun olarak tanımlanabilecek bir algal biyokütle çözeltisi hazırlama sıcaklığının (80°C) uygulanması ile jelatin ve algal protein kaynağının eş oranlarda kullanılması sonucu elde edilen örneklerin yoğunlukları belirlenmiştir (Şekil 4.4). Elde edilen sonuçlar, *S. platensis* biyokütlesinin hidrasyonu ve çözeltisinin hazırlanmasında 80°C'deki ısı işlem ile 40°C'de havalandırmanın uygulanması sonucu daha düşük yoğunluktaki marshmallow elde edilebildiğini ortaya koymuştur ($P<0.05$). Bu nedenle çalışmanın üçüncü aşamasında, yukarıda belirtilen koşullarda hazırlanmış olan örneklerin incelenmesine karar verilmiştir.



Şekil 4.4 Deneme Deseni 7-8 marshmallow örnekleri

Üçüncü aşama çalışmalarda, daha önceki aşamalarda belirlenen koşullarda farklı oranlarda [0,00 (Kontrol), 0,60, 1,20, 1,80 ve 2,40 g/100 g] *S. platensis* biyokütlesi

stabilizatör olarak kullanılarak marshmallow örnekleri hazırlanmıştır. Bu örneklerle ait (kontrol hariç) yoğunluk değerleri ise 0,474 – 0,857 g/cm³ aralığında belirlenmiş ve *S. platensis* biyokütlesi kullanım oranı arttıkça yoğunluğun yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu iki değişken arasında lineer bir ilişki ($R^2 = 0.9768$) olduğu görülmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 *Spirulina platensis* biyokütlesinin stabilizatör olarak kullanımının marshmallow yoğunluğu üzerindeki etkisi

Üçüncü aşama sonucunda, yoğunluk değeri >0,700 g/cm³ olan örneklerin ileri analiz çalışmaları, marshmallow yapı ve özelliklerine sahip olmadıkları için (Mardani vd., 2019; Periche vd., 2015; Gitting vd., 2014; Artamonova vd., 2017; Hartel vd., 2018) araştırma kapsamı dışına bırakılmıştır. Diğer karakterizasyon çalışmalarında ikinci aşamaya ait düşük yoğunluktaki örnek (DD8) ve üçüncü aşamaya ait ve hedef yoğunluk değerleri ile uyumlu örnekler (Kontrol, DD9 ve DD10) (Şekil 4.6) incelenmiştir.



Şekil 4.6 Deneme Deseni 9-10 marshmallow örnekleri

4.2 Marshmallow Şekerleme Örneklerinin Fiziko-Kimyasal Özellikleri

Nem miktarı, şekerleme ürünlerinde tekstür, erime davranışı, şeker kristalizasyon davranışı gibi özellikleri etkiler. Yumuşak ve çiğnenebilir şekerlemelerin nem miktarları genel olarak 20,0-30,0 g/100 g aralığında değişim göstermekle birlikte kimyasal ve mikrobiyal stabilite için bu değerin 24,0 g/100 g düzeyinin altında olması hedeflenir (Gok vd., 2020; Da Silva vd., 2016). Ayrıca genel olarak havalandırma uygulanan şekerleme ürünlerinde raf ömrünün azalmasıyla ilgili ana sorunlar arasında depolama sırasında nem kaybı bulunmaktadır. Su içeriğindeki azalma, ürünün sertleşmesine veya toklaşmasına neden olur. Havalandırılmış şekerlemelerin ERH'si kurutulmuş marshmallow için %40 düzeylerinde iken en yüksek su içeriğine sahip olan ve en yumuşak ürünler için ise %75'e kadar yükselmektedir (Subramaniam, 2016).

Marshmallow üretiminde ürün yapısal özellikleri için büyük öneme sahip olan stabilizatör ve/veya hidrokolloid tür ve düzeyi, ayrıca son ürün nem miktarı üzerinde de belirleyici etkiye sahiptir (Da Silva vd., 2016). Çünkü bu bileşenler jelleşme ajanı, tekstür sağlayıcı görevleri yanı sıra su bağlayıcı rolüne sahiptirler. Ancak bu fonksiyon üzerinde sabilizatör hazırlama koşulları yanı sıra havalandırma işlem sıcaklığı da önemlidir. Havalandırılmış şekerlemeler hava enjeksiyonu ile ekstrüde edilebilir, çırpıcılar bulunan tanklarda proses gerçekleştirilebilir, pulling uygulanabilir veya kimyasal olarak havalandırılabilir. Havalandırma sırasındaki viskozite ve ajitasyon yoğunluğu hava hücrelerinin yapısal özelliklerini (hava kabarcıklarının boyut dağılımı gibi) etkiler. Ancak bu işlemler sırasındaki ısı, mekanik ve kimyasal etkiler,

stabilizatörlerin oluşturduğu ağ yapısı içerisinde su bağlama ve tutma kapasitelerini de etkileyebilir (Hartel vd. 2018).

Bu çalışmada farklı bileşim ve proses koşullarında hazırlanan marshmallow örneklerinin nem miktarları 20,4 – 21,9 g/100 g aralığında belirlenmiştir (Tablo 4.2). Çalışmamızda *S. platensis* biyokütlesi konsantrasyonu, *S. platensis* biyokütlesi çözelti hazırlama sıcaklığı ve marshmallow havalandırma sıcaklığının marshmallow nem miktarı üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur ($P<0.05$). Ayrıca tüm örnekler için nem değerinin yumuşak şekerlemeler için kritik değer olarak kabul edilebilecek 24,0 g/100 g seviyesinin altında olması bir diğer olumlu sonuç olarak vurgulanabilir. Nem miktarına bağlı ürün kalitesindeki olumsuz değişimler ve raf ömrünün kısılması gibi sorunlarla karşılaşılmasında bir diğer avantaj olarak belirtilebilir.

Tablo 4.2 Marshmallow örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri

Örnek	JK (g/100 g)	SPK (g/100 g)	SPCS (°C)	HS (°C)	pH	Nem Miktarı (g/100 g)	Su Aktivitesi
DD8	1,20	1,20	80,0	40,0	7,31±0.01 ^b	20,4±0.82 ^a	0,804±0.002 ^b
DD9	1,80	0,60	80,0	40,0	7,21±0.03 ^c	20,7±0.19 ^a	0,786±0.031 ^c
DD10	1,20	1,20	80,0	40,0	7,82±0.02 ^a	21,9±0.54 ^a	0,802±0.004 ^b
Kontrol	2,40	0,00	60,0	40,0	6,23±0.02 ^d	21,8±0.86 ^a	0,814±0.003 ^a

JK: Jelatin konsantrasyonu; SPK: *S. platensis* konsantrasyonu; SPCS: *S. platensis* çözelti sıcaklığı, HS: Havalandırma sıcaklığı. Analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama±Standart Sapma. Üssel küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ifade etmektedir ($P<0.05$)

Protein ve protein izolatların şekerleme ürünlerinde kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar arasında (i) Maillard reaksiyonları ile ortam pH değeri arasındaki ilişki, (ii) protein denatürasyonunun düşük pH değerlerinde hızlanması, (ii) stabilizatör köpüklendirme gücü ve etkisi ile pH arasındaki ilişki, (iv) pH değerine bağlı olarak renk değişimleri, (v) kullanılabilecek renklendiricilerin görsel özellikleri ile pH arasındaki ilişki yer almaktadır (Subramaniam, 2016; Schrieber and Gareis, 2007; Hubbermann, 2016). Örneğin, ortam pH'sı 5 iken jelatinin bloom gücünün yaklaşık %10'unu kaybetmesi 95°C'de yaklaşık 30 dakika sürerken, 80°C'de bloom gücünde sadece %2-3'lük bir kayıp gözlenir. 30 dakikada ve 60° C'de, ise bloom gücünde sadece yaklaşık %1 değişiklik olur. Ortam pH'sının düşürülmesi, 60°C ve pH 2'de 30 dakikada %5 ile %10 arasında bozulma gibi önemli düzeyde ve daha hızlı bozunma oranlarına neden olur (Hartel vd., 2018). Ayrıca protein orijinli hidrokoloidler ile şeker şuruplarının bir arada yer aldığı gıda matrikslerinde ısı işlem

ve sıcaklığın bir başka olumsuz sonucu da esmerleşme ve renk kayıplarıdır. Maillard esmerleşme reaksiyonundaki ana reaktanlardan biri olarak, protein (yumurta, soya, peynir altı suyu ve jelatin orijinli) ısıtıldığında kahverengi pigmentler ve karamel aromaları açığa çıkacak şekilde indirgen şekerlerle reaksiyona girer.

Bu çalışmada marshmallow kontrol örneklerinin pH değerleri 6,2 olarak belirlenmiş olup, bu değerler daha önceki çalışmalar ile uyumludur (Mardani vd., 2019). *Spirulina platensis* biyokütlesi kullanımı ile pH değerinde artış gerçekleşmekle birlikte bu durumun jelatine göre algal proteinin katyonik yüklerinin daha fazla olması ile ilişkilendirilmiş ve sınırlı bir artış olması nedeni ile tolere edilebilir bir değişim olarak değerlendirilmiştir. *S. platensis* biyokütlesinin marshmallow bileşiminde kullanımının pH üzerindeki etkisinin, birlikte bileşimde kullanılması halinde jelatin köpürmesi ve denatürasyonunu olumsuz etkilemeyecek düzeyde olması nedeniyle avantaj olarak vurgulanabilir. Ayrıca algal pigmentlerin stabilitesi de dikkate alınması gereken bir husustur. Böylelikle ilgili bileşenin kullanımı ile çoklu-etki sağlanması olasıdır.

Gıdaların başlıca karakteristik özellikleri, kalite nitelikleri yanı sıra ticari dayanıklılık ve stabilite üzerinde yüksek öneme ve etkiye sahiptirler. Bunların arasında mikrobiyal yük, enzimatik özellikler ve pH yanı sıra su aktivitesi değerleri bulunmaktadır (Piergiovanni ve Limbo, 2019). Mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziko-kimyasal stabilite özellikler üzerinde de su aktivitesi önem taşımaktadır. Örneğin gıda maddelerinde gelişebilecek olası mikrobiyolojik problem ve bozulmaların tür ve düzeyi su aktivitesi değeri esas alınıp öngörülebilir (Subramaniam, 2016). Bazı marshmallow çeşitlerinde şeker kristalizasyonuna yönelik düşük molekül ağırlıklı olan sakkaritlerin kullanımı sonucu su miktarı ve aktivitesi de etkilenir. Uygun bileşime sahip olunmaması halinde ise küf gelişimi ile karşılaşılabilir. Çünkü osmofilik küflerin gelişimine $>0,65$ su aktivitesine sahip ürünlerde karşılaşılabilir. Bu durumda, $0,65$ su aktivitesi değerini marshmallow için de kritik bir limit olarak kabul etmek mümkündür. Bu riski minimize etmek için ise re-formülasyon çalışmaları yürütülebilir. Örneğin, marshmallow gibi ürünlerde yumuşak tekstürü de sağlamak ve raf ömrü boyunca korumak için higroskopik bileşenlerin (örneğin gliserol, sorbitol, invert şeker şurubu) kullanılması gerekebilir. İlgili bileşenlerin kullanılması halinde ise kalıplama ve soğutma aşamalarında kullanılan nişasta dahil proses ekipman ve bileşenleri ile etkileşim dikkate alınmalıdır.

Ayrıca yukarıda da vurgulandığı gibi nem kayıpları ürün tekstürel ve duyuşal özellikleri havalandırılmış şekerlemelerde nem migrasyonundan etkilenir. Nem migrasyonu için ise denge bağıl nemi (ERH), dolayısı ile su aktivitesi değeri dikkate alınmalıdır (Hartel vd., 2018; Schrieber ve Gareis, 2007). Ürünün bulunduğı ortamdan nem alması veya ortama nem migrasyonu üzerinde her bir bileşenin ERH değeri ile ortamın bağıl nem (RH) değerinin etkisi vardır. Marshmallowlar farklı malzemeler ile kaplanarak da tüketicilere sunulabilmekte veya birden fazla katmanlı olarak diğerkıdalar ile (örneğin bisküvi) tüketicilere sunulmaktadırlar. Dolayısı ile marshmallow geliştirme çalışmalarında su aktivitesi değeri incelenmelidir.

Bu çalışma kapsamındaki örneklerin su aktivitesi değeri 0,804-0,786 aralığında belirlenmiştir (Tablo 4.2). Kontrol örneklerinin su aktivitesi değeri ise ortalama 0,814'dür. Marshmallow bileşiminde *S. platensis* biyokütlesi kullanım oranının artışı ile birlikte su aktivitesi değeri düşüş gerçekteleşmiştir. Bu nedenle ilgili algal protein kaynağının kullanımının, daha stabil ürün geliştirme ve nem migrasyonu açısından avantajlar sağlamaşı mümkündür. Ayrıca, *S. platensis* proteinlerinin su bağlama kapasitesinin jelatinden daha yüksek olduğu da belirtilebilir.

Genel olarak endüstriyel ürünler için su aktivitesi değeri 0,650-0,750 aralığında (Hartel vd., 2018) olmakla birlikte laboratuvar ve ölçekli çalışmalarda daha yüksek su aktivitesi değeri ile karşılaşmaktadır (Mardani vd., 2019; Gittings vd., 2014). Ayrıca çalışmamız ile *S. platensis* biyokütlesinin jelatin ikamesi olarak kullanılması ile tolere edilebilir düzeyde su aktivitesi değışimi gerçekteleşmiştir. Elde edilen sonuçlar esas alınarak *S. platensis* biyokütlesinin jelleştirme ajanı ve stabilizatör olarak kısmi jelatin ikamesi amaçlı kullanımının marshmallowda su aktivitesine bağıl stabilite problemlerine neden olmayabileceğı belirtilebilir.

4.3 Renk Özellikleri

Bu çalışmada elde edilen marshmallow örneklerinin renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , kroma ve hue açısı) incelenmiştir (Tablo 4.3). Algal orijinli doğal renklendiricilerin kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Bu renklendiriciler biyokütleden ayrılarak kullanılabildikleri gibi, biyokütlenin doğrudan gıda bileşiminde kullanımı da bir diğeryaklaşımıdır. Bu nedenle ilgili doğal renklendiricilerden beklentiler arasında, yalnızca ürün görsel özelliklerini değil, ayrıca çeşitli biyoaktif (örneğin antioksidan aktivite)

veya teknolojik (örneğin stabilizatör ve jelleştirme ajanı olarak) özelliklerini de geliştirmeleri, yani “çoklu-etki”ye sahip bir bileşen olmaları bulunabilmektedir (Martins vd., 2016).

Mikroalgler, aralarında proteinler, karotenoidler, terpenoidler, ksantofiller, klorofiller, esansiyel amino asitler, çoklu doymamış yağ asitleri, vitaminler, çeşitli oligo- ve polisakkaritler ile bunların biyoaktiviteye sahip olan sülfatlanmış formlarını içeren biyokimyasal bileşimleri ile hem beslenme hem de gıda teknolojisi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadırlar (Barborikava vd., 2019). Mikroalg orijinli bileşenler çeşitli gıda maddeleri ve gıda takviyelerinde kullanılmakla birlikte, daha ilgi çekici ve çoklu etki yaratma potansiyeline sahip olan, kurutulmuş biyokütlenin doğrudan gıda üretiminde kullanımıdır. Bu yaklaşım ile hem biyoaktif bileşenlerden hem de mikroalg bileşimindeki maddelerin teknolojik özelliklerinden yararlanmak mümkün olacaktır.

Yumuşak ve çiğnenebilir şekerleme ürünleri dikkate alındığında, çoklu-etki ile hem görsel özelliklerin değiştirilmesi hem de hidrokoloid stabilizatörlerin kullanım düzeyinin azalması, bu katkı maddelerinin kısmi ikamesini potansiyel sonuçları arasında yer almaktadır (Bernaerts vd., 2018a ve 2018b). Örneğin, *P. cruentum* biyokütlesinde bulunan polisakkaritlerin düşük konsantrasyonlarda viskoz çözeltiler oluşturma ve jelleştirme özellikleri belirlenmiştir (Geresh vd., 2002). Ayrıca, *I. galbana* biyokütlesinin, omega-3 yağ asitlerince zenginleştirme amaçlı kullanımı bisküvilerde tekstürel özellikleri geliştirmiştir (Gouveia vd., 2008). Mikroalg orijinli polisakkaritlerin gıda maddelerinde yapı düzenleyici-ajanı etkilerine ilişkin çalışmalar ise oldukça kısıtlı sayıdadır (Bernaerts vd., 2018b). Çalışmamızda ise, *S. platensis* biyokütlesinin öncelikli olarak jelatin ikamesi olarak kullanılmasının yanı sıra renk özellikleri üzerindeki etkisi marshmallow şekerlemeler için ilk kez incelenmiştir.

Marshmallow bileşiminde *S. platensis* biyokütlesinin kullanımı ile birlikte L^* , a^* ve hue açısı değerlerinde önemli düşüş gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Bu örneklerin b^* ve kroma değerleri ise önemli düzeyde artmıştır ($P<0.05$). Bir başka ifade ile marshmallow örneklerinin parlaklıkları azalırken, renkleri yeşil bölgeye kaymış, sarı bölgedeki renk şiddeti ise düşüş göstermiş, renk ton ve doygunluğu değişime uğramıştır (Tablo 4.3 ve 4.4). Bu durumun başlıca nedeni *S. platensis* biyokütlesinin içerdiği pigmentlerdir. Lafarga vd. (2021), mikroalg ve algal bileşen içeren ürünlere ilgi ve talep gösteren bireylerin öne çıkan gıda tercih nedenlerinin dayanakları arasında

(i) sürdürülebilir ve çevre dostu, (ii) besleyici ve sağlıklı, (iii) güvenli olmaları olduğunu bildirmişlerdir. Bu gerekçelerin “yeşil renkli” gıdalarda daha fazla güçlendiği vurgulanmıştır. Dolayısı ile marshmallow örneklerinde stabilizatör etkisi yanı sıra görsel özelliklerdeki değişimin, tüketicilerde olumsuz algıya neden olmayabileceği belirtilebilir.

Tablo 4.3 Marshmallow örneklerinin renk özellikleri (L*, a* ve b*)

Örnek	JK (g/100 g)	SPK (g/100 g)	SPCS (°C)	HS (°C)	L*	a*	b*
DD8	1,20	1,20	80,0	40,0	53,6±1.62 ^d	-15,0±0.09 ^c	16,1±0.15 ^a
DD9	1,80	0,60	80,0	40,0	75,2±1.45 ^b	-3,65±0.31 ^b	9,38±0.95 ^b
DD10	1,20	1,20	80,0	40,0	66,7±4.66 ^c	-15,2±0.29 ^c	12,6±0.50 ^c
Kontrol	2,40	0,00	60,0	40,0	97,0±0.06 ^a	-0,06±0.01 ^a	3,49±0.04 ^d

JK: Jelatin konsantrasyonu; SPK: *S. platensis* konsantrasyonu; SPCS: *S. platensis* çözelti sıcaklığı, HS: Havalandırma sıcaklığı. Ortalama ±Standart Sapma. Üssel küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ifade etmektedir (P<0.05)

Ayrıca, doğal renklendiricilerin farklı gıda modellerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu gıdalar arasında şekerleme ürünleri de bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre, göreceli olarak yüksek sıcaklıklarda hazırlanan (80°C) *S. platensis* biyokütlesinin bileşimindeki pigmentlerin marshmallow bileşiminde önemli kayıplara uğramadığı belirtilebilir. Ancak yapılacak ileri çalışmalar ile pigment stabilitesinin raf ömrü süresince belirlenmesinde yarar vardır. Pigment stabilitesi üzerinde marshmallowun avantaj sağlayan özellikleri arasında, ürün pH değerlerinin bulunduğu da belirtilebilir.

Tablo 4.4 Marshmallow örneklerinin renk özellikleri (Kroma ve Hue Açısı)

Örnek	JK (g/100 g)	SPK (g/100 g)	SPCS (°C)	HS (°C)	Kroma	Hue Açısı
DD8	1,20	1,20	80,0	40,0	22,0±0.15 ^a	47,0±0.23 ^c
DD9	1,80	0,60	80,0	40,0	10,1±1.00 ^c	68,7±0.40 ^b
DD10	1,20	1,20	80,0	40,0	19,7±0.51 ^b	39,5±0.76 ^d
Kontrol	2,40	0,00	60,0	40,0	3,49±0.04 ^d	89,0±0.21 ^a

JK: Jelatin konsantrasyonu; SPK: *S. platensis* konsantrasyonu; SPCS: *S. platensis* çözelti sıcaklığı, HS: Havalandırma sıcaklığı. Ortalama ±Standart Sapma. Üssel küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ifade etmektedir (P<0.05)

4.4 Marshmallow ve Tekstür: Sertlik

Şekerleme ürünlerinde başlıca kalite özellikleri arasında tekstürel parametreler öne çıkanlar arasındadır. Şekerlemeleri sert ve yumuşak şekerleme olarak iki ana kategoriye ayırmak mümkündür. Yumuşak şekerlemeler ise kendi içerisinde, bileşim ve tekstür, özellikle çiğnenebilirlik, esaslı alt gruplara ayrılmaktadır. Bu alt gruplandırmada, ürün yapısal özellikleri için büyük öneme sahip olan stabilizatör ve/veya hidrokolloid tür ve düzeyi ile son ürün nem miktarı belirleyicidir (Burey vd., 2009). Bu çalışmada örneklerin nem miktarları arasında önemli farklılık bulunmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.2). Dolayısı ile tekstürel farklılıkların özellikle hidrokolloid kombinasyonunda gerçekleştirilen değişimden kaynaklandığı belirtilebilir. Şekerleme ürünlerinde incelenen başlıca tekstür profil parametreleri sertlik, elastikiyet, koheziflik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve geri kazanımdır (Gok vd., 2020). Çalışmamızda da en uygun yoğunluk değerine sahip olan ve *S. platensis* biyokütlesi içeren marshmallow örneği ile kontrol örneğinde Tekstür Profil Analizi (TPA) gerçekleştirilerek ilgili parametreler belirlenmiştir.

Bu çalışmada mikroalg kullanımı sonucunda marshmallow sakızimsılık ve sertlikte önemli düşüş gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Daha önce yürütülen ve yakın tarihli bir çalışmada mikroalg kullanımı ekmek içi sertliğinde artışla sonuçlanmıştır. Bu değer kullanılan mikroalg miktarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Alg kullanımı ile birlikte gözlenen bu değişim, daha çok sayıda ancak çok küçük hacme sahip gaz hücrelerinin ekmek içinde oluşumu ile ilişkilendirilmiştir (Qazi vd., 2021). Bu çalışmada ise tespit edilen sertlik düşüşünün olası nedenleri arasında *S. platensis* biyokütlesi proteinlerinin jelatine göre daha düşük sıklıkta bir ağ yapı oluşturması bulunmaktadır. Bu durumun bir başka göstergesi ise çiğnenebilirlik değerlerindeki değişimdir. Bu parametre ilgili gıda maddesinin çiğnenmesi için uygulanması gereken kuvvet ile birlikte artış gösterir (Palabiyik vd., 2018). *Spirulina platensis* biyokütlesi kullanımı ile çiğnenebilirlikte önemli düşüş gerçekleşmiştir ($P<0.05$).

Ancak elastikiyet ve koheziflik değerlerinde önemli değişim gerçekleşmemiştir. Geri kazanım değeri ise önemli artış göstermiştir ($P<0.05$). Elde edilen bulgulara göre, *S. platensis* biyokütlesi kullanımı ile marshmallow geliştirilmesinde farklı yaklaşımlar ile sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri artırılabilir. Bunlardan birisi stabilizatör yardımcı maddeleri kullanımıdır. Bu amaçla kullanılabilecek bileşenler arasında

CaCl₂'ün bulunmaktadır (Hartel vd., 2018). Bu amaçla DD11 ve DD12 kodlu örnekler ile denemeler gerçekleştirilmiş ancak yüksek yoğunluğa sahip marshmallow örnekleri elde edilmiştir (Tablo 4.1). Diğer yaklaşım ise kullanılan stabilizatör değerinde artış gerçekleştirmektir. İleri çalışmalar ile kullanılan stabilizatör miktarında artışın sonuçlarının sertlik ve çiğnenebilirlik üzerindeki etkileri incelenebilir.

Tablo 4.5 Marshmallow örneklerinin tekstür özellikleri

Örnek	DD9	Kontrol
Sertlik	529,4±13.3 ^b	750,6±90.6 ^a
Elastikiyet	0,31±0.03 ^a	0,34±0.01 ^a
Koheziflik	0,45±0.04 ^a	0,45±0.02 ^a
Sakızmsılık	236,3±14.6 ^b	335,7±48.3 ^a
Çiğnenebilirlik	72,4±10.2 ^b	114,7±17.2 ^a
Geri Kazanım	0,24±0.01 ^a	0,19±0.01 ^b

Ortalama ±Standart Sapma. Üssel küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ifade etmektedir (P<0.05)

4.5 Mikroyapı Özellikleri

Şekerlemelerde tekstür çeşitli bileşen ve yapısal öğelerin makroskopik ve mikroskopik düzeyde etkileşimlerinin sonucudur (Periche vd., 2014). Proses koşulları yanı sıra farklı bileşenlerin mikroyapı üzerinde incelenmesi ve ürün geliştirme, re-formülasyon, optimizasyon ve yenilikçi bileşenlerin kullanımına dair araştırmalarda bu özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmada da farklı stabilizatör ve jelleştirme ajanları kullanımı ile bu bileşenlerin oranları ile hazırlanma koşullarının marshmallow mikroyapısal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, kalite özellikleri yanı sıra mikroyapı özellikleri raf ömrü üzerinde de etkilidir. Örneğin marshmallow gibi köpüklü ve havalandırılmış şekerlemelerde sıklıkla rastlanabilen ve raf ömrünü kısaltan hatalar ve sorunlar arasında hava köpüklerinin çökmesi/sönmesi, şurup sızması ve depolamada ürünün büzülmesi bulunmaktadır (Subramaniam, 2016).

Hava hücrelerini şekerlemelerde stabilize etmek için tipik olarak bir stabilizatör ajan kullanılır. Havalandırma sırasında bu stabilizatör proteinlerin varlığı, hava kabarcıklarının oluşumunu teşvik eder ve bunların birleşmelerini önler. Sonuç olarak bir şeker şeker matriksi (sürekli faz) içinde iyice ve homojen dağılım gösteren hava kabarcıklarından oluşan bir köpüklü yapıya ulaşılır (Hartel vd., 2018). Şekil 4.7 ve 4.8'de görülebileceği gibi, jelatin kullanılarak hazırlanan kontrol örneklerinde homojen dağılıma sahip olan ve koalesans belirlenmeyen mikroyapıya ulaşılabilmiştir.

Bu durum ayrıca örnek hazırlama yöntemini de doğrulayan bir bulgu olarak belirtilebilir.



Şekil 4.7 Kontrol örneği mikroyapısı (100x)



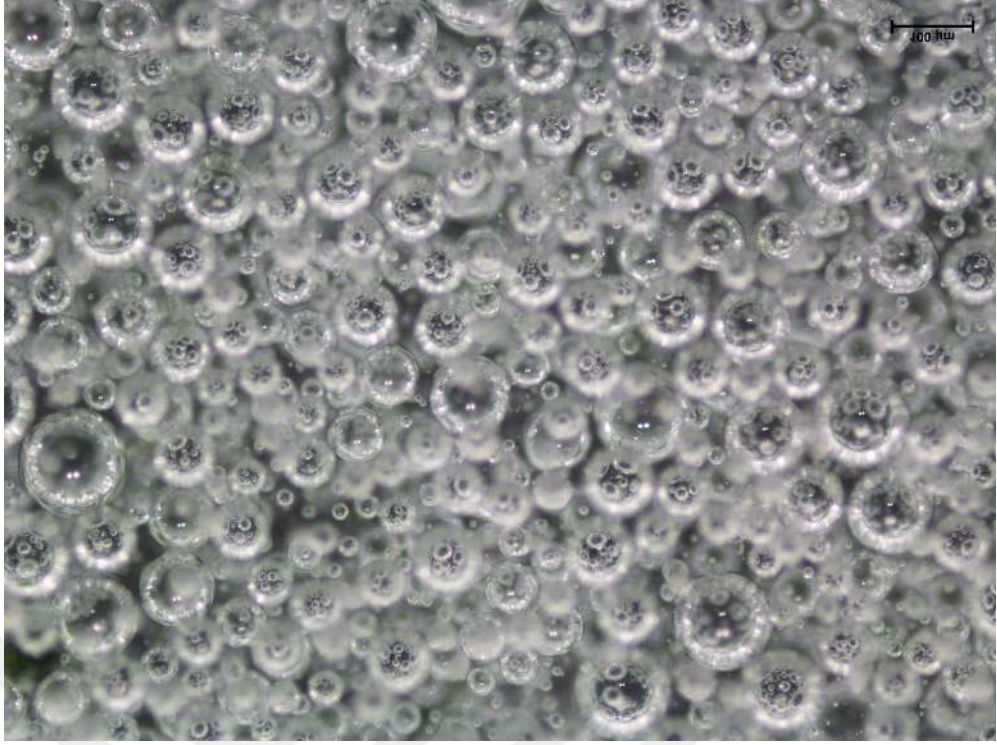
Şekil 4.8 Kontrol örneği mikroyapısı (200x)

Kitleye jelatin ilave edilmesi halinde ise çok yüksek hacimli köpük oluşumu gerçekleşir. Jelatin, köpük oluşumunu kolaylaştıran yüzey gerilimini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda bir film oluşturarak hava/sıvı faz ara-yüzünü stabilize eder. Aynı zamanda katılaşarak (jelleşme) drenaj ile faz ayrılması gerçekleşmesini engeller. Bir başka ifade ile jelatin tipik bir köpük ajanının tüm gerekliliklerini yerine getirmiş olur. Ayrıca dolaylı bir etki olarak jelatinin sakaroz re-kristalizasyonunu engelleme özelliği de söz konusudur (Schrieber and Gareis, 2007; Hartel vd., 2018).

Şekil 4.9 ve 4.10'da yer alan örnek mikroyapıları incelendiğinde, jelatin miktarının ve stabilizatör hazırlama sıcaklığının ürün yapısında önemli değişimlere neden olduğu görülebilir. Ayrıca havalandırma sıcaklığının da dikkate alınması gereken bir faktör olduğu ortaya çıkmaktadır. Havalandırma sıcaklığının artışı daha az sayıda ve daha farklı boyutlarda hava köpüklerinin oluşumuna neden olmaktadır. Proses son aşamasında uygulanan soğutma sırasında hava kabarcıklarını ayrı tutan ve çırpma/çalkalama sırasında havalandırmayı teşvik eden kısmen jelatinin jelleşmesidir. Çırpma sırasında şeker kütlesi çok sıcaksa, hava kabarcıkları birleşecek ve özgül ağırlık yeterince düşük olmayacaktır. Tipik olarak, şeker kütlesi, havalandırmadan önce jelatinin erime noktasının hemen üzerinde 45-55°C'ye soğutulur.

Bu çalışmada jelatin miktarının artışının Şekil 4.9 ve 4.10'da görülebileceği gibi daha homojen ve sıkı bir yapı oluşmasını sağladığı belirlenmiştir. Dolayısıyla jelatinin tamamen *S. platensis* biyokütlesinin stabilizatör olarak kullanılması ile ikamesi homojen ve hedef boyut aralığına sahip hava köpüklerinin marshmallowda oluşumunun sağlanması için problemler oluşturma olasılığı bulunmaktadır. Tipik bir marshmallowda ortalama hava kabarcığı boyutu 20 ila 25 µm arasındadır. Ancak kabarcık boyutu yaklaşık 10 µm'den 40 µm'ye kadar değişebilir (Hartel vd., 2018). Genel olarak marshmallow için en büyük sayıda en küçük boyutlu hava kabarcığı varlığı ile optimum tekstürel özelliklere ulaşılması istenir (Artamonova vd., 2017).

Havalandırma işlemi sonrası dikkate alınması gereken bir diğer husus ise, oluşan köpüklerin destabilizasyonudur. Sıklıkla birbirini etkileyebilen üç farklı köpük destabilizasyon mekanizması ile karşılaşılmaktadır. Bu mekanizmalar ürün tipi ve proses koşullarına bağlı olarak meydana gelebilirler. Bunlardan birincisi oransızlaşma veya Ostwald olgunlaşması olarak tanımlanabilecek büyük hava köpüklerinin küçük olanların kayıpları ile ortaya çıkması durumudur.



Şekil 4.9 Deneme Deseni 2 örneği mikroyapısı (100x)



Şekil 4.10 Deneme Deseni 3 örneği mikroyapısı (100x)

İkinci bir mekanizma ile köpük destabilizasyonu ise akışkan faz ile gaz fazı arasında söz konusu olan yoğunluk farkının, şeker şurubunda sızma veya damlama olarak tanımlanan soruna neden olmasıdır. Bu riskin ortadan kaldırılması veya azaltılması

için şeker şurubu fazının yani akışkan/sürekli fazın akış özelliklerinin modifikasyonu ile viskozitesinin artırılması bir çözüm olarak kullanılabilir. Ayrıca havalandırma düzeyinin artırılması ve köpük boyutunun azaltılması da kullanılabilecek bir diğer yaklaşımdır.

Bir diğer köpük destabilizasyonu mekanizması ise köpüklerin arasındaki filmin kırılması sonucu bunların biraraya gelmesi ve koalesans olarak tanımlanabilecek köpük birleşmelerinin ve topluluklarının oluşumudur. Bu sorunun ortaya çıkmaması için dikkate alınması gereken faktörler arasında, kullanılacak olan stabilizatör ve/veya jellştirme ajanının proses öncesi doğru yöntemle hazırlanmasıdır. Jelatin ve jelatine alternatif veya bu hidrokolloid ile birlikte marshmallow bileşiminde kullanılabilen yumurta, soya ve peynir altı suyu proteinleri, gum Arabik, jelatenize nişasta, agar ve aljinatlar için daha önce belirlenmiş optimum çözelti hazırlama sıcaklıkları, kullanılacak su oranı ve hidrasyon süreleri bulunmaktadır (Hartel vd., 2018). Ancak *S. platensis* biyokütlesinin stabilizatör olarak kullanılması halinde optimum hidrasyon koşullarına dair herhangi bir veri ile literatürde karşılaşılmamıştır. Bu çalışma kapsamında aynı oranlarda jelatin:*S. platensis* biyokütlesi kullanımı, aynı havalandırma sıcaklığı uygulanması halinde, *S. platensis* biyokütlesi hidrasyon sıcaklığının etkisi farklı sıcaklıklar için incelenmiştir. 60°C’de ve 80°C’de hazırlanan bu alternatif stabilizatörlerin kullanımı ile elde edilen marshmallow örneklerinin mikroyapı görüntülerine örnekler sırasıyla Şekil 4.11 ve 4.12’de yer almaktadır.

80°C’de hidrasyon sıcaklığı uygulanan biyokütlenin kullanımı ile daha homojen yapıya sahip olan ve köpük boyutlarında koalesans eğilimin belirlenemediği mikroyapıya sahip marshmallow elde edilmiştir. 60°C’de hidrasyon gerçekleştirilen alternatif stabilizatörün kullanımında ise heterojen bir köpük oluşumu ile karşılaşmıştır. Diğerlerine göre çok daha büyük boyutlu köpüklerin oluşumu depolama sırasında koalesans ile karşılaşma ve Ostwald olgunlaşması gelişimi riski ile ilişkilendirilmiştir. Ancak bu örneklerde jelatin miktarının azaltılması ve belirlenen örnek hazırlama koşullarının uygulanması sonrasında, daha düşük jelatin konsantrasyonuna sahip örneklerin (Şekil 4.13), jelatin ikame oranının artırıldığı örneklere göre (Şekil 4.14), daha homojen ve düzenli bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu uygulama, köpük boyutlarında istenmeyen artışların

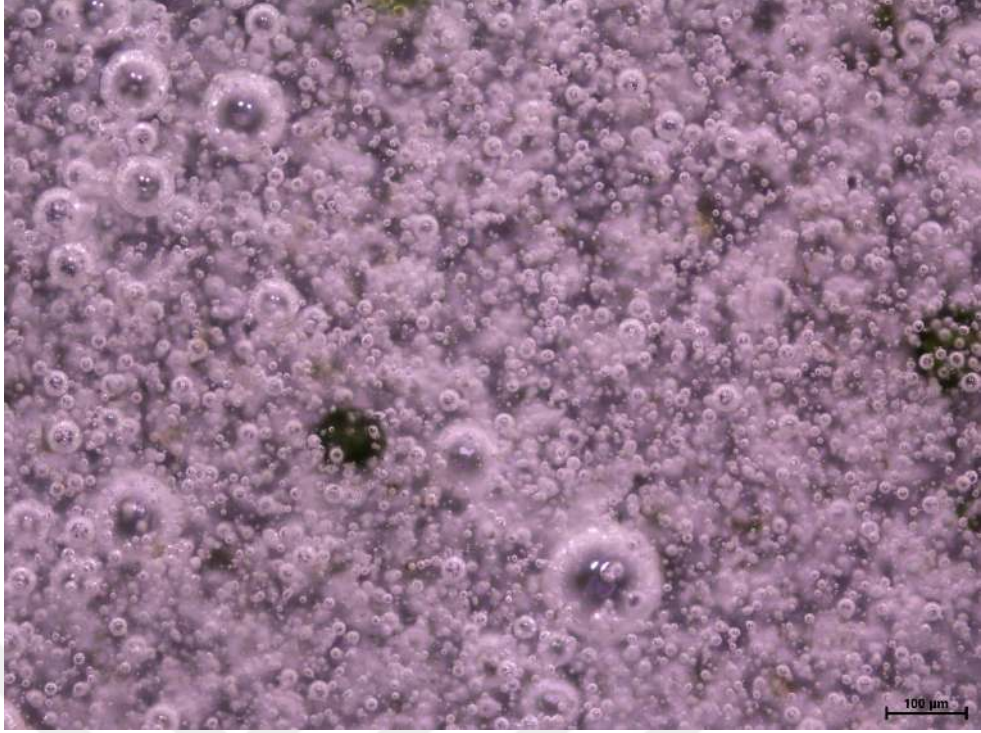
gerçekleşmediği, dolayısı ile stabilite avantajları taşıyan bir şekerleme olarak tanımlanabilecek marshmallow üretimi ile sonuçlanmıştır.



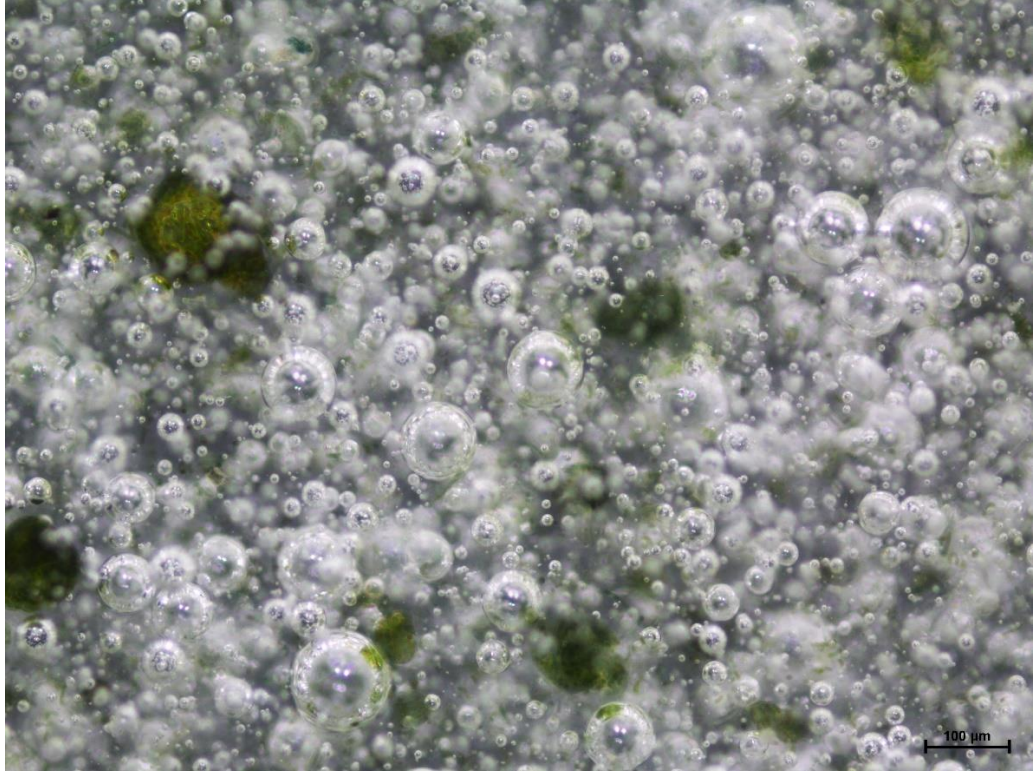
Şekil 4.11 Deneme Deseni 7 örneği mikroyapısı (100x)



Şekil 4.12 Deneme Deseni 8 örneği mikroyapısı (100x)



Şekil 4.13 Deneme Deseni 9 örneği mikroyapısı (100x)



Şekil 4.14 Deneme Deseni 10 örneği mikroyapısı (100x)

BÖLÜM V

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, havalandırılmış ve köpüklü şekerlemelerde alternatif, bitkisel ve yenilikçi bir stabilizatör ve jelleştirme ajanı olarak *S. platensis* biyokütlesinin kullanım olanaklarının belirlenmesi ve bu amaca yönelik uygulamalarda jelatin ikame oranı, alternatif stabilizatörün hidrasyon (çözündürme) sıcaklığı ve marshmallow üretiminde havalandırma sıcaklığı etkisinin incelenmesidir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, yukarıda ifade edilen her üç faktörün hedef yoğunluğa sahip marshmallow elde edilmesi için dikkate alınması gereken etkenler olduğunu ortaya çıkartmıştır. Ayrıca jelatinin bu mikroalga ait biyokütlenin kullanımı ile tamamen ikamesinden öte kısmi ikame ile (%25-50), tüketici tarafından kabul edilebilir özelliklere sahip marshmallow geliştirilmesinin mümkün olabileceği belirtilebilir.

Marshmallow bileşiminde jelatinin *S. platensis* biyokütlesi ile ikamesi ile birlikte, ikame oranına bağlı olarak ürün yapısında önemli değişimler gerçekleşmekte, daha az sıkı ve homojenlikteki bir mikroyapının oluşumunun göstergesi olan yapısal özelliklerde farklılıklar ile karşılaşmaktadır. Ancak, aynı zamanda daha düşük su aktivitesine sahip olan, bu nedenle de bazı stabilite özelliklerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilecek özelliklerin marshmallowa kazandırılması mümkün görülmektedir. Bir diğer avantaj ise mikroalg biyokütlesi kullanımı nedeni ile bileşimde yer alan pigmentlerden kaynaklı olarak ürün görsel özelliklerinin de değişime uğramasıdır. Bu nedenle *S. platensis* biyokütlesinden marshmallow teknolojisinde çok-amaçlı yararlanmak mümkün olabilir. Ancak yapılacak ileri çalışmalar ile pigment stabilitesinin raf ömrü süresince belirlenmesi gerekmektedir. Bu alternatif bileşenin kullanıldığı örneklerde ulaşılan pH düzeyleri yanı sıra daha düşük su aktivitesi değerleri, pigment stabilitesine katkı sunabilir.

Ayrıca ileri çalışmalarda *S. platensis* biyokütlesinden izole edilen proteinlerin marshmallow bileşiminde kullanılmasının etkileri yanı sıra, özellikle bazı bitkisel hidrokolloidler ile *S. platensis* biyokütlesi ve/veya protein izolatlarının birlikte kullanımı, bu çalışmada belirlenen bazı sorunlara yönelik çözümler üretilmesine katkıda bulunabilir. Farklı yardımcı stabilizatörlerin kullanımı, bu amaçla ele alınabilecek ve uygulanacak yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Günümüzde tüketicilerin önemli bir bölümü radikal tutum ve tüketim alışkanlıkları değişimi yaşamaktadırlar. Bu değişimin yansımalarından birisi bitkisel ürünler ve bu ürünlerden elde edilen hammaddelere artan ilgi olup, bir diğeri ise sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen hammadde ve yardımcı maddelerin gıda teknolojisinde kullanımıdır. Bu çalışma yukarıda belirtilen talep ve değişimlere oluşturulacak yanıtlara katkı sunma potansiyeline sahiptir. Ayrıca önemli bir diğer talep, diğer gıda kategorilerinde olduğu gibi şekerleme ürünlerinde de biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmiş, fonksiyonel gıdalar geliştirilmesidir. Ancak aynı zamanda bu gıdaların konvansiyonel olanlar ile aynı kalite özelliklerine sahip olmaları ve fonksiyonel özellikleri ile ilişkili olmadığı halde jelatin gibi bileşenleri içermemesi veya mümkün olduğunca düşük düzeyde içermeleri beklentileri bulunmaktadır. Çalışmamızın bu amaçla yürütülecek endüstriyel ve bilimsel çalışmalara katkı sunma potansiyelinin de bulunduğu düşünülmektedir. Biyo-döngüsel ekonomi ve yeşil mutabakat gibi yaklaşımların her geçen gün daha fazla önem kazandığı bir dönemde yürütülen bu çalışmanın, mikroalg yetiştiriciliği ile gıda bilim ve teknolojisi alanında çalışmalar yürüten araştırmacılara katkı sağlaması mümkündür.

KAYNAKLAR

Aksu, Z., Donmez, G. (2006). Binary biosorption of cadmium (II) and nickel (II) onto dried *Chlorella vulgaris*: Co-ion effect on mono-component isotherm parameters. *Process Biochemistry*. **41**(4), 860-868.

Altan Kamer, D.D., Palabiyik, I., Isik, N.O., Akyuz, F., Demirci, A.S., Gumus, T. (2019). Effect of confectionery solutes on the rheological properties of fish (Oncorhynchus mykiss) gelatin, *LWT-Food Science and Technology*. **101**, 156-162.

Ames, W.M. (1952). The conversion of collagen to gelatine and their molecular structures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **3**(10), 454-463.

Amjadi, S., Gharbani, M., Hamishehkar, H., Roufegarinejad, L. (2018). Improvement in the stability of betain by liposomal nanocarriers: Its application in gummy candy as a food model, *Food Chemistry*. **256**, 156-162.

Artamonova, M., Piliugina, I., Samokhvalova, O., Murlykina, N., Kravchenko, O., Fomina, I., & Grigorenko, A. (2017). A study of properties of marshmallow with natural anthocyanin dyes during storage. *Technology and Equipment of Food Products*. **3**(11), 23-30.

Barborikova, J., Sutavska, M., Kazimierova, I., Joskova, M., Franova, S., Kopecky, J., Capek, P. (2019). Extracellular polysaccharide produced by *Chlorella vulgaris*.- Chemical characterization and anti-asthmatic profile. *International Journal of Biological Macromolecules*. **135**, 1-11.

Becker, E. W. (1995). *Microalgae: Biotechnology and microbiology*, Cambridge University Press. UK, Inc.293p.

Belay A. (2013). Biology and industrial production of Arthrospira (*Spirulina*). In Richmond A, Hu Q (Eds). *Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology*. Blackwell, Oxford, pp 339–35.

Bermejo, P., Piñero, E., Villar, Á. M. (2008). Iron-chelating ability and antioxidant properties of phycocyanin isolated from a protean extract of *Spirulina platensis*. *Food Chemistry*. **110**, 436-445.

Bernaerts, T. M., Gheysen, L., Kyomugasho, C., Kermani, Z. J., Vandionant, S., Foubert, I., ... & Van Loey, A. M. (2018a). Comparison of microalgal biomasses as functional food ingredients: Focus on the composition of cell wall related polysaccharides. *Algal research*, **32**, 150-161

Bernaerts, T. M., Kyomugasho, C., Van Looveren, N., Gheysen, L., Foubert, I., Hendrickx, M. E., & Van Loey, A. M. (2018b). Molecular and rheological characterization of different cell wall fractions of *Porphyridium cruentum*. *Carbohydrate polymers*. **195**, 542-550.

Bhowmik D., Dubey J., Mehra S. (2009). Probiotic Efficiency of *Spirulina platensis* – Stimulating Growth of Lactic acid Bacteria. *World J Dairy & Food Science*. **4**, 160-163.

Boland, A.B., Delahunty, C.M., Van Ruth, S.M. (2006). Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food Chemistry*, **96(3)**, 452-460.

Borowitzka, M. A. (1992). Vitamins and fine chemicals from micro-algae, In: Borowitzka, M. A., Borowitzka, L.J. (Eds). *Micro-Algal Biotechnology*. Cambridge University Press. UK. 158-195 p.

Burey, P., Bhandari, B.R., Rutgers, R.P.G., Halley, P.J., Torley, P.J. (2009). Confectionery gels: A Review on formulation, rheological and structural aspects, *International Journal of Food Properties*. **12**, 176-210.

Castejón, N., Luna, P., Señoráns, F. J. (2021). Microencapsulation by spray drying of omega-3 lipids extracted from oilseeds and microalgae: effect on polyunsaturated fatty acid composition. *LWT - Food Science and Technology*. 111-789.

Cebi, N., Dogan, C.E., Mese, A.E., Ozdemir, D., Arici, M., Sagdic, O. (2019). A rapid ATR-FTIR spectroscopic method for classification of gelatin gummy candies in relation to the gelatin source, *Food Chemistry*. **277**, 373-381.

Çelekli, A., Alslibi, Z. A., Bozkurt, H. (2019). Influence of incorporated *Spirulina platensis* on the growth of microflora and physicochemical properties of ayran as a functional food, *Algal Research*. **44**, 101-710.

Çelekli, A., Dönmez, G. (2006). Effect of pH, light intensity, salt and nitrogen concentrations on growth and β -carotene accumulation by a new isolate of *Dunaliella* sp, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. **22**, 183-189.

Çelekli, A., Topyürek, A., Markou, G., Bozkurt, H. (2016). A Multivariate Approach to Evaluate Biomass Production, Biochemical Composition and Stress Compounds of *Spirulina platensis* Cultivated in Wastewater, *Applied Biochemistry and Biotechnology*. **180**, 728–739.

Çelekli, A., Yavuzatmaca, M., Bozkurt, H. (2009). Modeling of biomass production by *Spirulina platensis* as function of phosphate concentrations and pH regimes, *Bioresource technology*. **100**, 3625-3629.

Chen, J., Nowakowski, C., Green, D., & Hartel, R. W. (2015). State behavior and crystal growth kinetics of sucrose and corn syrup mixtures, *Journal of Food Engineering*. **161**, 1-7.

Chew, K.W., Yap, J.Y., Show, P.L., Suan, N.H., Juan, J.C., Ling, T.C. (2017). Microalgae biorefinery: high value products perspectives, *Bioresour Technology*. **229**: 53– 62.

Chorokanis, I. (2001). Gelation of Edible Blue-Green Algae Protein Isolate (*Spirulina platensis* Strain Pacifica): Thermal Transitions, Rheological Properties, and Molecular Forces Involved, *Journal Agriculture of Food Chemistry*. **2001**, 49, 888-898.

Cohen, Z. (1997). The Chemicals of *Spirulina*. In Vonshak, A (Ed.) *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, Cell-biology and Biotechnology. *Taylor and Francis Ltd.* 175-204.

Colla, L. M., Reinehr, C. O., Reichert, C., Costa, J. A. V. (2007). Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. *Bioresource Technology*. **98**, 1489-1493.

Cuvelier, G. and Michon, C. (2003). *Gelatine Substitution: What Functionalities?* Polymerix. Rennes, pp.1-9.

Danesi, E. D. G, Navacchi, M. F. P, Katiuchia, K. P, Takeuchi, P., Frata, M. T Carvalho, J. C. M. (2010). Application of *Spirulina platensis* in Protein Enrichment of Manioc Based Bakery Products. *Journal of Biotechnology*. **150**, 311.

Daniel, T., Kumuthakalavalli, R. (1992). Evaluation of the suitability of *Spirulina* algae in the feed of silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) fingerlings. *Journal of Applied Phycology*. **8**, 303-311.

de la Jara A., Ruano-Rodriguez, C., Polifrone, M., Assunção, P., BritoCasillas, Y., Wägner, A. M., Serra-Majem, L. (2018). Impact of dietary *Arthrospira* (*Spirulina*) biomass consumption on human health: main health targets and systematic review. *Journal of Applied Phycology*. **30**, 2403–2423.

Da Silva, L.B., Queiroz, M.B., Fadini, A.L., Da Fonseca, R.C.C., Germer, S.P.M., & Efraim, P. (2016). Chewy candy as as model system to study influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties. *LWT-Food Science and Technology*, **65**, 268-274.

Deleris, I., Saint-Eve, A., Dakowski, F., Seman, E., Le Quere, J.-I., Guillemin, H., Souchan, I. (2011). The Dynamics of aroma release during consumption of candies of different structures and relationship with temporal perception, *Food Chemistry*, **127**, 1615-1624.

DeMars, L.L., Ziegler, G.R. (2001). Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections, *Food Hydrocolloids*. **15**, 643-653.

de Wolf, F.A. (2003). Collagen and gelatine. In: W.Y. Aalbersberg, R.J. Hamer, P.Jasperse, H.H.J. de Jongh, C.G. de Kruif, P. Walstra, Industrial Proteins in

Perspective (Progress in Biotechnology), *Elsevier Sciences*. **23**, Chapter v, pp. 133-218.

Dillon, J. C., Phuc AP, Dubacq J. P. (1995). Nutritional Value of The Alga *Spirulina*, *World Review of Nutrition and Dietetics*. **77**, 32–46.

Eastoe, J.E. and Leach, A.A. (1958). A survey of recent work on the amino acid composition of vertebrate collagen and gelatine. In: G. Stainsby (Ed.), *Recent Advances in Gelatine and Glue Research*. Pergamon Press: London, p.193.

Fedkovic, Y., Astre, C., Pinguet, F., Gerber, M., Ychou, M., Pujol, H. (1997). *Spiruline* et cancer. In:Doumenge, F.,Durand-Chastel, H., Toulemont, A., (Eds.) *Spiruline* algue de vie. Musée Océano graphique. *Bulletin de l'Institut Océanographique Monaco*. Numéros spécia. **112**, 117-120.

Food and Drug Administration (FDA). (2012). Center for Food Safety and Applied Nutrition. Office of Food Additive Safety. Agency Response Letter - GRAS Notice No.000417.RetrievedonAugust31,2017fromFDAWebsite:[https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/ NoticeInventory/ucm319628.html](https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm319628.html).

Fox, S.W. (1983). The emergence of biological specificity and the genetic coding mechanism. *Trends in biochemical sciences*. **(8)** 8, 277.

García, J. L., de Vicente, M., Galán, B. (2017). Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals, *Mikrobia biotecnology*. **10(5)**, 1017-1024.

Geresh, S., Adin, I., Yarmolinsky, E., Karpasas, M. (2002). Characterization of the extracellular polysaccharide of porphyridium sp.: Molecular weight determination and rheological properties. *Carbohydrate polymers*. **50(2)**, 183-189.

Gershwin, M. E., Belay, A. (2008). *Spirulina* in human nutrition and health. London. In *Spirulina* in Human Nutrition and Health, *Journal of Applied Phycology*. **21**, 312.

Gezici, M. (2012). Biyodizel üretimine uygun mikroalgelerin gelişimine bazı yetiştirme parametrelerinin etkisinin belirlenmesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*. Ankara, 2012, pp:1-17.

Ginting, N.A., Rusmarilin, H., & Nainggolan, R.J. (2014). The effect of red guava ratio with lemon and gelatin concentration to quality of red guava marshmallow, *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. **2**(3), 16-21.

Gok, S., Toker, O. S., 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.

Gomes, R. C, Maranhão, H. S, Pedrosa, L. C, Morais, M. B. (2003). Consumo de fibra alimentar e de macronutrientes por crianças com constipação crônica funcional. *Arq Gastroenterol*. **40**(3), 181-87.

Gouveia, L., Coutinho, C., Mendonça, E., Batista, A. P., Sousa, I., Bandarra, N. M., & Raymundo, A. (2008). Functional biscuits with PUFA- ω 3 from isochrysis galbana, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **88**(5), 891-896.

Gouveia, L., Batista, A. P., Sousa, I., Raymundo, A., Bandarra, N. M. (2008). Microalgae in novel food products. In: Papadopoulos KN, editor. Food chemistry research developments. *Nova Science Publishers*. Inc., Hauppauge NY, USA.

Grima, E. (1996). A study on simultaneous photolimitation and photoinhibition in dense microalgal cultures taking into account incident and averaged irradiances., *Elsevier, Journal of Biotechnology*. Volume 45, Issue 1, pp. 59-69.

Gutierrez-Salmean, G., Fabila-Castillo, L., Chamorro Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*), *Nutricion Hospitalaria*. **32**(1), 34-40.

Hartel, R. W., Von Elbe, J. H., & Hofberger, R. (2018). Confectionery science and technology, *Springer International Publishing AG*. Switzerland, 536p.

Harun, R. (2010). Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14:1037-1047.

Henrikson, R. (2009). Earth Food *Spirulina*, Ronore Enterprises, Inc., Hana, Maui, Hawaii. <http://www.spirulinaresource.com/pdf.com/earthfoodspirulina.pdf> (accessed on 7 Dec., 2012). **150**, 311.

Hernández-López, I., Valdés, J. R. B., Castellari, M., Aguiló-Aguayo, I., Morillas-España, A., Sánchez-Zurano, A., Acien-Fernandes, F.G. & Lafarga, T. (2021). Utilisation of the marine microalgae *Nannochloropsis* sp. and *Tetraselmis* sp. as innovative ingredients in the formulation of wheat tortillas, *Algal Research*. **58**, 102361.

Hoeseini, S. M., Khosravi-Darani, K., Mozafari, M. R. (2013a). Nutritional and medical applications of *Spirulina* microalgae, *Mini Rev Med Chemistry*. **13**, 1231-1237.

Hoesini, S. M., Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., Mozafari, M. R. (2013b). *Spirulina platensis*: Food and function, *Curr Nutr Food Science*. **9**, 1-5.

Indergaard, M.; Minsaas, J. (1991). Polysaccharides for food and pharmaceutical uses. In *Seaweed Resources in Europe, Uses and Potential*. New York, 1991; pp 170-183.

Ishikawa, T., Fujiyama, Y., Igarashi, C., Morino, M., Fada, N., Kagami, A. (1989). Clinical features of familial hypercholesterolemia, *Atherosclerosis*. **75**, 95.

Jeffery, M.S. (2001). Grained and ungrained confections: the basics. *Manufacturing Confectioner*. **81** (6):97–110.

Kim, E. H-J., Corrigan, V. K., Wilson, A. J., Waters, I. R., Hedderley, D. I. Morgenstern, M. P. (2011). Fundamental fracture properties associated with sensory hardness of brittle solid foods. *Journal Texture Studies*. **43**, 49-62.

Kim, H. M, Lee E. H., Cho, H. H., Moon, Y.-H. (1998). Inhibitory effect of mast cell-mediated immediatetype allergic reactions in rats by *Spirulina*, *Biochemical Pharmacology*. **55**, 1071–1076.

Kharrazian, D., (2013). Why Isn't My Brain Working? *Elephant Press*. California, 624 p.

Komárek, J., Anagnostidis, K. (1999): Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. - In: ettl, h., gätner, g., heyning, h., mollenhauer, d. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1, 548 pp., Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.

Konar, N., Toker, O.S., Oba, S., Sagdic, O. (2016). Improving Functionality of Chocolate: A review on Probiotic, Prebiotic, and/or Synbiotic Characteristics, *Trends in Food Science & Technology*. **49**, 35-44.

Konar, N. (2021). *Şeker ve şekerleme teknolojisi ders notları*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye (Basılmamış).

Koru, E. (2012). Earth food *Spirulina* (Arthrospira): Production and quality standards. *In Food Additive*. El-Samragy (Ed.), In Technology Croatia, 256.

Lafarga, T. (2021). *Cultured Microalgae For The Food Industry Current and Potential Applications*, Elsevier.

Lafarga, T., Rodríguez-Bermúdez, R., Morillas-España, A., Villaró, S., García-Vaquero, M., Morán, L., Sanchez-Suran, A., Gonzalez-Lopez, C.V. & Acien-Fernández, F. G. (2021). Consumer knowledge and attitudes towards microalgae as food: The case of Spain. *Algal Research*, **54**, 102174.

Layman, A., Reddy, C. L. K. (2007). Antidiabetic property of *Spirulina*. *Department of Food Science and Nutrition*. **35**, 29-33.

Lees R., Jackson E.B. (1973). Gums, jellies and pastilles. In Sugar confectionery and chocolate manufacture. Springer, Boston.

Lordan, S., Paul Ross, R., Stanton, C. (2011). Marine bioactives as functional food ingredients: Potential to reduce the incidence of chronic diseases, *Marine Drugs*. **9**, 1056-1100.

Lubbers, S., Guichard, E. (2003). The effects of sugars and peçtin on flavour release from a fruit pastille model system, *Food Chemistry*. **81**, 269-273.

Lucas, B. F., Morais, M. G., Santos, T. D., Costa, J. A. V. (2017). Effect of *Spirulina* addition on the physicochemical and structural properties of extruded snacks, *Food Science and Tecnology*. **37**, 16-23.

- Manoj, G., Gutierrez-Salmean, G., Fabila-Castillo, L., Chamorro Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*). *Nutricion Hospitalaria*. **32(1)**, 34-40.
- Mardani, M., Yeganehzad, S., Ptichkina, N., Kodatsky, Y., Kliukina, O., Nepovinnikh, N., Naji-Tabasi, S. (2019). Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow, *Food Hydrocolloids*. **93**, 335-341.
- Martins, N., Roriz, C. L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2016). Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology*. **52**, 1-15.
- Mehariya, S., Goswami, R. K., Karthikeysan, O. P., & Verma, P. (2021). Microalgae for high-value products: A way towards green nutraceutical and pharmaceutical compounds. *Chemosphere*. **280**, 130553.
- Miquelim, J.N., Lannes, S.C., & Mezzenga, R. (2010). pH Influence on the stability of foams with protein-polysaccharide complexes at their interfaces. *Food Hydrocolloids*. **24(4)**, 398-405.
- Minifie, B.W. (1989). *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology*, 3e. New York: VanNostrand Reinhold.
- Nakaya, N., Homa, Y., Goto, Y. (1988). Cholesterol lowering effect of *Spirulina*, *Atherosclerosis*. **37**, 1329–1337.
- Nicoletti, M. (2016). Microalgae Nutraceutical, *Foods*. **5**, 54.
- Ngo, D. H., Wijesekara, I., Vo, T. S., Van, Q., Ta, S., Kim, K. (2010). Marine food-derived functional ingredients as potential antioxidants in the food industry: An overview. *Food Research International*. **44**, 523-529.
- Oakenfull, D., Scott, A. (1986). Stabilization of gelatin gels by sugars and polyols, *Food Hydrocolloids*. **1(2)**, 163-175.

Otleş, S., Pire, R. (2001). Fatty acid composition of *Chlorella* and *Spirulina* microalgae species. *Journal of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International*. **84(6)**, 1708-1714.

Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andres, A., Castello, M.L. (2014). Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections, *Food Bioscience*. **7**, 37-44.

Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. L. (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT-Food Science and Technology*. **62(1)**, 605-612.

Piergiovanni, L., & Limbo, S. (2019). Food shelf-life models. *In Sustainable Food Supply Chains* (pp. 49-60). Academic Press.

Pizzoni, D., Compagnone, D., Di Natale, C., D'Alessandro, N., Pittia, P. (2015). Evaluation of aroma release of gummy candies added with strawberry flavours by gas-chromatography/mass-spectrometry and gas sensors arrays, *Journal of Food Engineering*. **167**, 77-86.

Plaza, M., Cifuentes, A., Ibáñez, E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae, *Trends in Food Science & Technology*. **19**, 31-39.

Pouradier, J. and Venet, A.M. (1952). Contribution a l'étude de la structure des gelatines, 4. Comparaison de gelatines d'origines diverses. *Journal de Chimie Physique et de Physico-Chemie Biologique*. **49**, 85-92.

Prasad, K., Siddiqui, M. W. (2017). Plant secondary metabolites, *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*. **9 (3)**, 293-304.

Pulz, O., Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **65**, 635-48

Radmer, R. J.; Parker, B. C. (1964). Commercial applications of algae: Opportunities and constraints, *Journal of applied phycology*. **6(2)**, 93-98.

Ramachandran, G. (1967). *Treatise on Collagen*, Academic Press, London and New York, 556 pp.

Ramos, K.K. (2017). Application of atlantic forest native fruits by-products in confectionery products, PhD Thesis in *Faculty of Food Engineering of the University of Campinas*, Brazil.

Richmond, A. (1992). Mass culture of cyanobacterium. In *Photobynthetic prokaryotes*, N.H. Mann and N.G. Carr (Eds), pp. 181–209. Plenum Press, New York.

Rogovska, V., & Cukanova, M. (2015). Chocolate as a functional food. *Era of Science Diplomacy: Implications for Economics, Business, Management and Related Disciplines (EDAMBA 2015)*. Bratislava, 0-15.

Samori, C., Pezzolesi L., Galetti P., Semeraro M., Tagliavinia E. (2019). Extraction and milking of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* cultures. *Green Chemistry*. **13**, 24.

Sandstrom, P. A., Murray, J., Folks, T. M., Diamond, A. M. (1998). Antioxidant defenses influence HIV-1replication and associated cytopathic effects, *Free radical biology and medicine*. **24(9)**, 148591.

Sarada, R., Pillai, M. G., Ravishankar, G. A. (1998). Phycocyanin from *Spirulina* sp: Influence of processing of biomass on phycocyanin yield, analysis of efficiacy of extraction methods and stability studies on phycocyanin, *Process Biochemistry*. **34**, 795-801.

Satyanarayana, K. G., Mariano, A. B., & Vargas, J. V. C. (2011). A review on microalgae, a versatile source for sustainable energy and materials. *International Journal of Energy Research*, **35(4)**, 291-311.

Schrieber, R., & Gareis, H. (2007). *Gelatine Handbook: Theory and industrial practice*. John Wiley & Sons.

See, S., Hong, P., Ng, K., Wan Aida, W., Babji, A.S., (2010). Physicochemical properties of gelatins extracted from skins of different freshwater fish species, *International Food Research Journal*, **17(3)**, 809-816.

Simpore, J., Kabore, F., Zongo, F., Dansou, D., Bere, A., Pignatelli, S., Biondi D. M., Ruberto, G., Musumeci, S., (2006). Nutrition rehabilitation of under nourished children utilizing *Spirulina* and Misola, *Journal of Nutrition*. **5**, 3.

Soni, R. A., K., Sudhakar, R. S. Rana Energy Centre, Maulana Azad., (2017). National institute of technology, bhopal, m.p, india received 12 April 2017, Revised 18 June 2017, Accepted 25 September 2017, Available online 28 September 2017.

Song, C., Shieh, C. H., Wu, Y.S., Kalueff, A., Gaikwad, S., Su, K.P., (2016). The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in the treatment of major depression and Alzheimer's disease: acting separately or synergistically?. *Progress in Lipid Research*, **62**, 41-54.

Soudy, I. D, Minet-Quinard, R., Mahamat, A. D., Ngoua, H. F., Izzedine, A. A., Tidjani, A., (2018). Vitamin A status in healthy women eating traditionally prepared *spirulina* (Dihé) in the Chad Lake area, *Plos one*, **13(1)**, 191-887.

Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae, *Journal of Bioscience and Bioengineering*. **101(2)**, 87–96.

Subramaniam, P. (2016). The stability and shelf life of confectionery products. In P. Subramaniam (Eds.), *The stability and shelf life of food* (pp. 545-573). Woodhead Publishing.

Sukatar, A. (2002). Algal culture methods (in Turkish). Ege Üni Fen Fak. Kitapları Serisi No:184. s.104.

Svirčev, Z., Baltić. V., Gantar. M., Juković. M., Stojanović, D., Baltić, M. (2010): Molecular aspects of microcystin induced hepatotoxicity and hepatocarcinogenesis. *Journal of Environmental Science and Health, Part C Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews*. **28 (1)**, 39–59.

Tam, J.M. and Lim, M.H. (2008). Effects of gelatin type and concentration on the shelf-life stability and quality of marshmallows. *International Journal of Food Science and Technology*, **43**: 1699–1704.

- Tau, T., Gunasekaran, S. (2016). Thermorheological evaluation of gelation of gelatin with sugar substitutes, *LWT-Food Science and Technology*. **69**, 570-578.
- Tibbets, S., Milley, J., Lall, S. (2015). Chemical composition and nutritional properties of freshwater and marine microalgal biomass cultured in photobioreactors, *Journal of Applied Phycology*. **27(3)**:1109-1119.
- Thompson, L. A., Darwish, W.S. (2019). Environmental chemical contaminants in food: review of a global problem. *Journal of Toxicology*.
- Vigani, M., Rodríguez-Cerezo, C. P. E, Barbosa, M. J., Sijtsma, L., Ploeg, M., Enzing, C. (2015). *Trends in Food Science and Technology*. **42**, 81-92.
- Ward, A. (1977). The Science of Technology of Gelatine. Academic Press, pp.564
- Wood, A., Toerien, D. F., Robinson, R. K. (1991). The algae recent developments in cultivation and utilisation. In Developments in Food Proteinss7; Hudson, Ed.; *Elsevier Applied Science*: London, U.K. pp 79-123.
- Yakoot, M., Salem, A. (2012). *S. platensis* versus silymarin in the treatment of chronic hepatitis C virus infection a pilot randomized, comparative clinical trial. *BMC Gastroenterology*. **12(1)**, 32.
- Yılmaz, H. K., Duru, M. D. (2011). Syanobakteri *Spirulina platensis*'in besin kimyası ve mikrobiyolojisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. **4(1)**, 31-43.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

SERDAR MARAŞLI

İŞ TECRÜBELERİ

03.2019- Devam	ETİ Gıda San. ve Tic. A.Ş. / Gıda Ar-Ge Müdürü
05.2016- 02.2019	Şölen Çikolata / Ar-Ge Direktörü
02.2013- 08.2015	ABH Holding / Konya Şeker/ Ar-Ge Koordinatörü
09.2004- 02.2013	Ülker Gıda / İş Geliştirme-ArGe Müdürü

ÖĞRENİM DURUMU

2022 -	Yüksek Lisans: Gaziantep Üniversitesi, Genel Biyoloji A.B.D.
1998-2003	Lisans: Gaziantep Üniversitesi, Gıda Mühendisliği

AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Maraşlı S., Çelekli, A. (2021). To use *Spirulina platensis* instead of bovine gelatine as aeration and stabilizing agent in low density of marshmallow. 3rd INTERNATIONAL 5 OCAK CONGRESS ON APPLIED SCIENCES January 04-05, 2022. Adana, TURKEY

