

**NANNOCHLOROPSIS OCULATA MİKROALG TÜRÜ BİYOMASININ BEYAZ
ÇİKOLATA VE SÜRÜLEBİLİR BEYAZ KREMADA KULLANIMININ KALİTE
ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

Derya GENÇ POLAT

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Murat TAŞAN

2.Danışman: Doç. Dr. Nevzat KONAR

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NANNOCHLOROPSIS OCULATA MİKROALG TÜRÜ BİYOMASININ
BEYAZ ÇİKOLATA VE SÜRÜLEBİLİR BEYAZ KREMADA
KULLANIMININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

Derya GENÇ POLAT

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Murat TAŞAN
2.Danışman : Doç. Dr. Nevzat KONAR

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Prof.Dr. Murat TAŞAN ve Doç.Dr. Nevzat KONAR danışmanlığında, Derya GENÇ POLAT tarafından hazırlanan “*Nannochloropsis oculata* Mikroalg Türü Biyomasının Beyaz Çikolata ve Sürülebilir Beyaz Kremada Kullanımının Kalite Özelliklerine Etkileri” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Murat TAŞAN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Nevzat KONAR

İmza:

Üye: Doç. Dr. Yaşar DURMAZ

İmza:

Üye: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

İmza:

Üye: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NANNOCHLOROPSIS OCULATA MİKROALG TÜRÜ BİYOMASININ BEYAZ ÇİKOLATA VE SÜRÜLEBİLİR BEYAZ KREMADA KULLANIMININ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Derya GENÇ POLAT

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murat TAŞAN
Doç. Dr. Nevzat KONAR

Çikolata teknolojisinde doğal biyoaktif bileşen ve pigment kaynaklarının kullanımı ve bu kullanım sonucu yüksek renk stabilitesinde ürün elde edilmesi gerek tüketici beklenti ve güvenliği gerekse de endüstriyel uygulamalar için önem taşımaktadır. Bu çalışmada, klorofil-a kaynağı olarak tübüler fotobiyoreaktör tekniği kullanılarak yetiştirilen *Nannochloropsis oculata* mikroalg türünün, püskürtmeli kurutucu tekniği ile enkapsülasyon uygulanmadan veya enkapsülasyon sonrası beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema bileşiminde kullanım olanakları ve kullanım düzeyinin başlıca kalite özellikleri yanısıra renk stabilitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla mikroalg kaynağının her iki formu (kurutulmuş ve enkapsüle), 0; 0,125; 0,250; 0,500 ve 0,750 g/100g düzeylerinde kullanılmıştır. Enkapsülasyon amacı ile kaplama maddesi olarak maltodekstrin (%50) kullanılmıştır. Örnekler, hızlandırılmış raf ömrü koşullarında (25°C/%70 RH) 5 ve 6 hafta muhafazası sonrası renk özellikleri [L^* , a^* , b^* , C^* (kroma), h° (hue açısı), WI (beyazlık indeksi) ve ΔE (renk farkı)] incelenmiştir. Tüm örnek grupları için ΔE değeri, gözle görülebilir renk değişimi ve farklılığı için limit değer olan 3,0'ın altında belirlenmiştir. Bu nedenle, *N. oculata*'nın her iki formunun da stabil bir pigment ve biyoaktif bileşen kaynağı olarak kullanım olanağı belirlenmiştir. Mikroalg içeren beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema örneklerinin su aktivitesi (a_w), nem oranları, enstrümental sertlik, yield stress, plastik viskozite, konsistensi, akış davranış indeksi, erime özelliklerinin bazılarının önemli bir değişim göstermediği ($P<0,05$) ve diğer özelliklerin ise kabul edilebilir nitelikte değişim gösterdikleri belirlenmiştir. Beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema örneklerinin klorofil-a içerikleri sırasıyla 9,60-22,9 $\mu\text{g/g}$ ve 60,0-315,7 $\mu\text{g/g}$ aralıklarında belirlenmiş olup, enkapsülasyonun pigment stabilitesi için önemli bir avantaj sağladığı gibi, sürülebilir beyaz krema proses ve matriksinin, klorofil-a stabilitesini geliştirdiği belirlenmiştir. Örneklerin duyu özelliklerinden görünüm, tekstür, ağızda erime ve kokunun önemli düzeyde mikroalg kullanımdan etkilenmediği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ancak tat ve genel beğeni düzeyinde düşüş gerçekleşmesi ve bu düşüşün enkapsüle mikroalg kullanımında daha düşük şiddette olması dikkat çekici bulunmuştur ($P<0,05$). Sonuç olarak, püskürtmeli kurutma tekniğinin, mikroalglerin kurutulması için uygulanabilir bir teknik olduğu belirlenmiştir. Ancak, enkapsülasyon uygulamasının, özellikle pigment düzeyi, renk stabilitesi ve duyu özellikler açısından avantajlar sağlaması mümkündür. Bu amaçla püskürtmeli kurutucu proses koşulları ile enkapsülasyon koşullarının optimizasyonuna yönelik yürütülecek çalışmalar ile kalite özellikleri açısından daha avantajlı ürünler elde edilmesi mümkün olabilir. Ayrıca bu çalışma sonucu elde edilen veriler ışığında çikolata ve türevi ürünlerin biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmesi amacıyla, mikroalglerin kullanım olanaklarının da bulunabileceği ve daha ileri çalışmalar ile bu olanağın doğrulanması gerektiği ifade edilebilir.

Anahtar kelimeler: Çikolata, Mikroalg, *Nannochloropsis oculata*, Püskürtmeli Kurutma, Renklendirici

2019, 85 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EFFECTS ON THE QUALITY PROPERTIES OF USING *NANNOCHLORPSIS OCULATA* MICROALGAE BIOMASS IN WHITE CHOCOLATE AND WHITE SPREAD CREAM COMPOSITIONS

Derya GENÇ POLAT

Tekirdag Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineer

Supervisor: Prof. Dr. Murat TAŞAN
Doç. Dr. Nevzat KONAR

The use of bioactive compounds and natural pigment sources in chocolate technology and the high color stability of the product as a result of this use are important for consumer expectations and safety as well as industrial applications. In this study, the effects of the use of *Nannochloropsis oculata* microalgae, which is grown by using tubular photobioreactor technique as chlorophyll-a source, on white chocolate and white spread composition after the encapsulation or drying by using spray dryer technique, and its effect on color stability as well as the main quality characteristics were investigated. For this aim, both forms of microalgae source (dried and encapsulated) (0; 0.125; 0.250; 0.500 and 0.750 g/100g) were used. The colour properties [L *, a *, b *, C * (chroma), h°(hue angle), WI (whiteness index) and colour stability (delta-E) under accelerated shelf life conditions (25°C/70% RH) of samples were determined for 5 and 6 weeks. The delta-E value for all sample groups was determined to be below the limit value of 3.0 for visible color change and difference. Therefore, the use of both forms of *N. oculata* as a stable bioactive compound and pigment source been investigated. White chocolate and white spread samples used in microalgae showed no significant change in water activity (aw), humidity, instrumental hardness, yield stress, plastic viscosity, consistency, flow behavior index and some of the melting properties (P<0.05), whereas the other quality parameters were determined in acceptable levels. The chlorophyll-a contents of the white chocolate and white spread samples were determined as 9.60-22.9 µg/g and 60.0-315.7 µg/g respectively. Results of the study indicated the significant advantage for the pigment stability of the encapsulation and spread process conditions. It was determined that the process and matrix improved the chlorophyll-a stability. It was found that the sensory properties of the samples were not affected by appearance, texture, melting in mouth and odor with significant microalgae use (P<0.05). However, it was noteworthy that there was a decrease in taste and general appreciation and a lower intensity in the use of encapsulated microalgae (P<0.05). As a result, it has been determined that the spray drying technique is a feasible technique for drying microalgae. However, it is possible for the encapsulation application to provide advantages in terms of pigment level, color stability and sensory properties. For this aim, it may be possible to obtain more advantageous products in terms of quality characteristics with the studies to be carried out to optimize the encapsulation conditions with spray-drying process conditions. In addition, according to results of this study, it can be stated that the use of microalgae may be found in order to enrich the chocolate and derivative products by the bioactive components and this possibility should be confirmed by further studies.

Keyword: Chocolate, Colorant, Microalg, *Nannochloropsis oculata*, Spray Dryer

2019, 85 Pages

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1.Çikolata ve Çikolata Teknolojisi	5
2.1.1.Karıştırma	6
2.1.2.İnceltme	6
2.1.3.Konçlama.....	7
2.1.4.Temperleme	10
2.2.Mikroalgler	16
2.3. Fonksiyonel Çikolata.....	22
2.4. Şekerleme Teknolojisi ve Mikroalgler	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1.Materyal.....	26
3.2. Yöntem	26
3.2.1.Örnek Hazırlama.....	26
3.2.2.Renk Özelliklerinin Belirlenmesi	29
3.2.3.Renk Stabilesinin Belirlenmesi	30
3.2.4.Tekstür Analizi	30
3.2.5.Su Aktivitesi Tayini.....	30
3.2.6.Nem Tayini	30
3.2.7.Reolojik Analiz.....	31
3.2.8. Sürülebilir Beyaz Krema Viskoelastik Özelliklerinin Belirlenmesi	31
3.2.9. Mikroyapısal Özellikleri.....	31
3.2.10. Duyusal Analizler	32
3.2.11. Pigment Tayini	32
3.2.12. İstatistiksel Analiz	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	33
4.1. Renk Özellikleri.....	33
4.2. Renk Stabilesi.....	37
4.3. Su Aktivitesi	47

4.4. Nem Miktarı	49
4.5. Sertlik	50
4.6. Beyaz Çikolata Örneklerinin Reolojik Özellikleri	51
4.7. Sürülebilir Beyaz Krema Viskoelastik Davranışı.....	53
4.8. Klorofil-a Miktarı	55
4.10. Erime Özellikleri	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	84



ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. <i>Nannochloropsis oculata</i> biyokütle bileşimi (Durmaz ve ark. 2009).....	19
Çizelge 2.2. <i>Diacronema vlkianum</i> yağ asidi profili (Durmaz ve ark. 2009)	20
Çizelge 3.1. Beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema örneklerine ait formülasyonlar.....	27
Çizelge 3.2. Kurutulmuş ve enkapsüle <i>Nannochloropsis oculata</i> içeren beyaz çikolata örneklerinin kodlanması.....	28
Çizelge 3.3. Kurutulmuş ve enkapsüle <i>Nannochloropsis oculata</i> içeren sürülebilir beyaz krema örneklerinin kodlanması.....	28
Çizelge 4.1. Kurutulmuş <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	38
Çizelge 4.2. Kurutulmuş <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	39
Çizelge 4.3. Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	40
Çizelge 4.4. Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	41
Çizelge 4.5. Kurutulmuş <i>N. oculata</i> İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	42
Çizelge 4.6. Kurutulmuş <i>N. oculata</i> İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	43
Çizelge 4.7. Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	44
Çizelge 4.8. Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi.....	45
Çizelge 4.9. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata ve Sürülebilir Beyaz Çikolata Örneklerinin Su Aktivitesi, Nem Oranları.....	48
Çizelge 4.10. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz çikolata Örneklerinin Sertlik Değerleri	51
Çizelge 4.11. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Reolojik Özellikleri	52
Çizelge 4.12. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Viskoelastik Davranışları.....	55
Çizelge 4.13. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata ve Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Klorofil-a Miktarları	57
Çizelge 4.14. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Duyusal Özelliklerine Ait Puanlama.....	61
Çizelge 4.15. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Duyusal Özellikleri Ait Puanlama	62
Çizelge 4.16. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Erime Özellikleri.....	63

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Çikolata temperleme işleminde sıcaklık aşamaları	12
Şekil 2.2. Tübüler fotobiyoreaktör (Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi).....	21
Şekil 3.1. Püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş farklı düzeylerde <i>Nannochloropsis oculata</i> mikroalg türü kullanılarak gerçekleştirilen ön denemeler	29
Şekil 4.1. Beyaz Çikolata Örnekleri	34
Şekil 4.2. Sürülebilir Beyaz Krema Örnekleri	35
Şekil 4.3. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Akış Davranışı	53
Şekil 4.4. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Klorofil-a Miktarları.....	53
Şekil 4.5. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Örnekleri Klorofil-a Miktarları Örnekleri.....	53
Şekil 4.6. Kurutulmuş ve Enkapsüle <i>N. oculata</i> İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin DSC Grafik Örnekleri.....	64
Şekil 4.7. Beyaz Çikolata Örneklerinin Mikroyapıları	66
Şekil 4.8. Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Mikroyapıları	67

SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
°C	: Santigrad Derece
µm	: Mikrometre
p	: Probability-Statistical Significance (İstatistiksel Anlamlılık Düzeyi)
ΔH	: Entalpi Değişimi
RH	: Bağıl Nem
Tonset	: Erimenin Başladığı Sıcaklık
Tpeak	: Erime Sırasındaki Maksimum Sıcaklık
Toffset	: Erimenin Tamamlandığı Sıcaklık
α	: Alfa
β	: Beta
ω	: Omega
µ	: Mikro
L*	: Parlaklık
C*	: Kroma
h*	: Hue Açısı
a	: Kırmızı-Yeşil Renk Değeri
b	: Sarı-Mavi Renk Değeri
WI	: Beyazlık İndeksi
ΔE	: Renk Farkı
CO ₂	: Karbondioksit Gazı
K	: Konsistensi Sabiti
n	: Akış Davranış İndeksi
δ	: Shear Stress
γ	: Shear Rate
nm	: Nanometre
aw	: Su Aktivitesi
N	: Newton
Pa.s	: Pascal Saniye
η	: Dinamik Viskozluk Katsayısı
η _{pl}	: Plastik Viskosite
τ ₀	: Kayma Gerilimi
R	: Regresyon Katsayısı

KISALTMALAR

ANOVA	: Analysis of Variance (Varyans Analizi)
SPSS	: The Statistical Package for the Social Sciences
DE	: Dektroz Eşdeğeri
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
g	: Gram
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mbar	: Milibar
PGPR	: Poligliserol Polirisinolat Esterleri
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asidi
EFA	: Esansiyel Yağ Asitleri
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
ARA	: Araşidonik Asit
DHA	: Dokosaheksaenoik Asit
rpm	: Dakikada Devir
sn	: Saniye
Pa	: Pascal
TPA	: Tekstür Profil Analizi
DP	: Polimerizasyon Derecesi
ug	: Mikrogram

ÖNSÖZ

Öncelikle Türk kadınlarına sağladığı haklardan dolayı Ulu Önder Mustafa Kemal ATATÜRK'e, tez çalışmam sırasında araştırma konusunun seçiminden çalışmanın sonuna kadar geçen sürede değerli tecrübe ve bilgilerinden faydalandığım saygı değer danışman hocalarım sayın Prof.Dr. Murat TAŞAN'a ve eş danışman hocam sayın Doç.Dr. Nevzat KONAR'a (Siirt Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi), bu güzel çalışma ortamını bizlere sunan Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Başkanı değerli hocam sayın Prof.Dr. Mehmet DEMİRCİ'ye, mikroalg üretimi, numune eldesi ve mikro yapı analizlerindeki desteklerinden dolayı sayın Doç.Dr. Yaşar DURMAZ'a (Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü) ve reoloji analizlerindeki desteklerinden dolayı sayın Dr. Öğr.Üyesi Ömer Said TOKER'e (Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalürji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü), deneme üretimlerde ve duyuşsal değerlendirme çalışmalarındaki yardımlarından dolayı TAYAŞ Gıda A.Ş.'ne ve değerli çalışma arkadaşlarıma, her zaman desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Haziran, 2019

Derya GENÇ POLAT

1. GİRİŞ

Ülkemiz şekerleme ve çikolata endüstrisinin üyeleri arasında küresel pazarda önemli paya sahip üreticiler yer almaktadır. Bu pazar, diğer gıdalarda olduğu gibi, tüketici beklenti ve eğilimlerinden etkilenmekte ve son yıllarda doğal bileşenler kullanılarak elde edilmiş ürünlere talep ve ilgi artmaktadır. Çok sayıda kuruluşun yer aldığı sektörde orta büyüklükte yalnızca bir kuruluşun şekerleme (sert, yumuşak, jelly, gummy) üretiminde yıllık doğal renklendirici sarfiyatı 3,5 ton olup, bu ihtiyaç ortalama 30 Euro/kg bedelle ve ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Ancak raf ömrü ve proses sırasında stabilite gösteren doğal renklendiriciler ile ilgili önemli bir problem yaşanmakta, sıklıkla kullanılan yeşil renklendiricilerde bu problem en çok öneme sahip durumdadır. Dolayısı ile yüksek stabilitede doğal renklendiricilere yönelik ulusal üreticilerden önemli talep ve beklenti bulunmaktadır.

Mikroalgler, başlıca potansiyel biyoaktif bileşen ve doğal renklendirici kaynakları arasında yer almaktadırlar. Biyokimyasal kompozisyonları çeşitli biyoaktif bileşiklerce de zengin olan bu canlı grubu, son yıllarda büyük ilgi toplamakta olup, doğal renklendirici kaynağı yanısıra fonksiyonel ürün geliştirme çalışmalarında da kullanılabilmektedir. Farklı biyoteknolojik yöntemler kullanılarak sürdürülebilir teknikler ile mikroalg üretiminin mümkün olması, bu kaynağın dikkat çekici özellikleri arasındadır. Mikroalglerin bileşiminde yer alan ve renklendirici olarak kullanım olanağı sağlayan pigmentlerin yanısıra, fonksiyonel gıda üretimi için biyoaktif bileşen özelliği taşıyan maddelerin stabiliteleri ve endüstriyel uygulamalarda kullanım olanaklarının artırılması ihtiyacı bulunmaktadır. Bu amaçla, mikroalg biyokütlelerinin kurutulması ve hatta enkapsülasyon uygulamaları ile pigment ve diğer biyoaktif bileşenlerin stabilitesinin geliştirilmesi gerekmektedir. Gerek kurutma gerekse de enkapsülasyon işlemleri için yaygın kullanıma sahip tekniklerden birisi püskürtmeli kurutma tekniğidir. Ancak, mikroalglerin püskürtmeli kurutma tekniği ile enkapsülasyonuna yönelik proses optimizasyonu ile ilgili kısıtlı sayıda çalışma vardır. Mikroalgler bileşimleri nedeni ile çikolatanın fonksiyonel nitelikleri için kullanılma ve bu esnada ürünün renk özelliklerinde de değişimlere neden olma potansiyeli bulunmaktadır. Ayrıca mikroalg türlerinin kurutulmuş ve/veya enkapsüle formlarının çikolata ve türevi ürünlerde biyoaktif bileşen kaynağı ve dolaylı olarak neden oldukları renk değişiminin incelenmesine dair uluslararası literatürde ve endüstriyel uygulamalarda herhangi bir çalışma ile karşılaşılmamıştır.

Püskürtmeli kurutma tekniği, endüstriyel uygulamalara aktarım oranının yüksekliği, düşük maliyeti, ekipman ulaşılabilirliği, çok sayıda gıda maddesinde başarılı uygulamaları yanı sıra çok kısa sürede hızlı akışkan evaporasyonu gerçekleşmesi ile 100°C'nin altındaki sıcaklıklara maruz kalmasından dolayı avantaj sahibidir. *Nannochloropsis oculata* ise, mikroalg türleri arasında özellikle çoklu doymamış yağ asitleri gibi çikolata başlıca tüketici gruplarının sağlık ve beslenmesinde önem taşıyan bir biyoaktif bileşen grubu ve pigmentlerce zengin olması nedeni ile dikkat çekicidir. Bu mikroalg türünün yüksek verimlilik ile sürdürülebilir üretimin gerçekleştirilebilmesi de önem taşıyan bir başka avantajdır. Tez çalışmasında elde edilecek sonuçların endüstriye aktarım potansiyellerini geliştirilmesi nedeni ile *N. oculata* mikroalg türü ve bu türe ait biyomasın püskürtmeli kurutucu tekniği ile kurutulması ve enkapsülasyonu kapsama alınmıştır.

Çikolata ve şekerleme pazarı fiyat ve kalite odaklı rekabetin yoğun olduğu, ancak tüketicilerin özellikle son dönemde yüksek bir artış ile, doğal bileşenler kullanılarak elde edilen ürünleri talep ettiği, rekabet unsurlarının bölgesel özelliklere göre değişim gösterdiği bir pazardır. Yasal düzenlemelerde gerçekleşen değişiklikler sonucu biyoaktif bileşenlerin ve şekerleme ürünlerinde doğal renklendiricilerin kullanımı gittikçe artan bir öneme sahip olmakta ve rekabet avantajı sağlamaktadır. Özellikle Avrupa, Kuzey Amerika, Uzakdoğu (Japonya, Güney Kore ve Malezya) pazarları gibi ülkemizin pay sahibi olduğu alanlarda, yukarıda belirtilen faktörler öne çıkmakta ve müşteri talepleri ile de bu durum doğrulanmaktadır. Dolayısı ile bu alanda yukarıda belirtilen özelliklere sahip olacak nitelikte geliştirilecek ürünlerin, çikolata bilim ve teknolojisi yanısıra ülkemiz ihracatına önemli katkı sunma potansiyeli bulunmaktadır. Ayrıca gerek ulusal gerekse de uluslararası yasal mevzuat ve düzenlemeler ile kullanım oranları dikkate alındığında, biyoaktif bileşen kaynağı olarak farklı formlarda mikroalglerin çikolata ve türevi ürünlerde kullanımının uygun olduğu belirtilebilir.

Bu çalışmanın temel amacı, fotobiyoreaktör tekniği ile yetiştirilmiş *Nannochloropsis oculata* mikroalg türünün püskürtmeli kurutma tekniği ile kurutulması veya maltodekstrinin kullanımı ile enkapsülasyonu sonrası elde edilecek biyokütlelerin, beyaz çikolata ve türevi (konvansiyonel beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema) ürünlerde, biyoaktif bileşen kaynağı ve pigment içerikleri nedeni ile özellikle doğal renklendirici olarak kullanım olanaklarını ve oluşan renk değişiminin stabilitelerinin belirlenmesidir.

Bu amaçla, farklı düzeylerde (0,00; 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 g /100 g) kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg kullanımının, örneklerin pigment düzeyleri yanısıra, fiziksel, fiziko-kimyasal, termo-gravimetrik, reolojik, tekstürel ve duysal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ürün görsel kalitesi nedeni ile renk stabilitesinin sağlanarak diğer kalite özelliklerinde önemli değişim gerçekleşmemesi, pigmentlerce zengin biyoaktif bileşen kaynaklarının kullanımı için ideal ve hedeflenen bir özelliktir. Depolama sürecinde renk özelliklerinin değişimini izleyebilmek amacı ile örneklerin hızlandırılmış raf ömrü tekniği kullanılarak başlıca renk parametrelerindeki değişimi belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilebilecek verilerin özellikle endüstriyel uygulamalara aktarılması ile;

- a. *Nannochloropsis oculata* orijinli ilk çikolata türevi ürünlerde biyoaktif bileşen kaynağı ve doğal renklendirici geliştirilmesi,
- b. Mikroalglerce zenginleştirilmiş beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema eldesi sonucu ihracat kabiliyeti yüksek ürün elde edilmesi,
- c. Mikroalg kullanım düzeyi ile çikolata kalite parametreleri arasındaki etkileşimin belirlenmesi,
- d. Çikolata çeşitlerine bağlı olarak optimum mikroalg kullanım düzeylerinin tespit edilmesi,
- e. Mikroalg kaynaklı bazı biyoaktif bileşiklerin çikolata prosesindeki stabilitesinin öngörülmesi,
- f. Yüksek düzeyde tüketici kabul edilebilirliğine sahip çikolata ve türevi ürün elde edilmesi,
- g. Çikolata ve şekerleme alanında yürütülebilecek endüstriyel ölçekli ürün geliştirme çalışmalarında kullanılabilecek nitelikte veri sağlanması,
- h. Sentetik renklendirici maddesi gibi katkı maddelerinin şekerleme ürünlerinde mikroalg gibi doğal ve besleyici olan bileşenler ile ikamesi,

hedeflerine ulaşmak da amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamındaki mikroalg ile benzer renk değişimlerine etkiye neden olabilecek bileşenler, bir başka deyiş ile yurtiçi ve yurtdışı pazardaki mevcut benzerleri ise (i) Bakır-Klorofil gıda renklendiricisi ve (ii) Spiriluna ve turmerik kombinasyonu gıda renklendiricileri olarak belirtilebilir. Ayrıca, çikolata bileşiminde mikroalglerin kullanımına dair yapılan pazar araştırmasında ise yalnızca *Spiriluna plantesis* mikroalg türünün farklı teknikler ile kurutulmuş ve yüksek partikül büyüklüğüne sahip haldeki formlarının yer aldığı bazı ürünler belirlenmiştir. Bu ürünlerde ilgili mikroalg türü özellikle sütü ve bitter çikolata türlerinde, ürün görsel özellikleri ile uyumsuz ve yapıda homojen olmayan dağılımdadır. Fakat tez

alışması kapsamındaki *N. oculata* mikroalg türünün çikolata ve türevi ürünlerde kullanımına dair örnekler ile karşılaşılmadığı gibi, tez hazırlık ve ön çalışmaları sırasında yapılan tespitler ve iletilen sektörel görüşler doğrultusunda, raf ömrü ve proses sırasında stabilite gösteren doğal pigment kaynaklarının temini ile ilgili önemli bir problem yaşanmaktadır. Bu anlamda tespit edilen öncelik ve gereklilikler ise şekerleme teknolojisi için;

- 1.Yüksek renk stabilitesi sağlanması
- 2.Renk ton ve doygunluğunun üretici ve tüketici taleplerine uygunluğu
- 3.Ulusal ve doğal kaynakların kullanımı ile üretilmeleri
- 4.Sürdürülebilir nitelikteki tekniklerin kullanımı ile elde edilmesi
- 5.Pigment stabilitesinin geliştirilmesine yönelik kurutma tekniğinin kullanımı
- 6.Ulusal üretim ile ithal girdilerin ikame edilmesidir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1.Çikolata ve Çikolata Teknolojisi

Çikolata ve çikolata ürünleri tebliğine göre çikolata, ‘kakao ürünleri ile şeker ve/veya tatlandırıcı; gerektiğinde süt yağı dışındaki hayvansal yağlar hariç olmak üzere diğer gıda bileşenleri ile süt veya süt ürünleri ve Türk Gıda Kodeksinde izin verilen katkı ve/veya aroma maddelerinin ilavesiyle tekniğine uygun şekilde hazırlanan ürünü ifade eder’ (Anonim 2017a). Belli bir formülasyonda kullanılan yüzde kakao oranına göre sınıflandırılan çeşitli çikolata türleri vardır. Çikolata üretiminde belirli isim ve tanımlamalar formülasyon esaslı olarak kullanılmaktadır. Bu formülasyonlardaki bazı bileşenlere ait eşik değerler ve limitler ise ulusal ve uluslararası kamu otoriteleri tarafından oluşturulan ve izlenen yasal düzenlemeler ile belirlemiştir. Çeşitli ülkelerde bu limit ve tanımlamalara yönelik farklı uygulamalar ile de karşılaşılabilir. Çikolata çeşitlerinin belirlenmesi, içeriğindeki bazı bileşenlerin oranına ve çeşidine göre aroma ve lezzet farklılıklarına dayanmaktadır (Anonim 2017b).

Yasal düzenlemelerden bağımsız ve genel bir tanımlama yapmak gerekir ise, “çikolata, kakao ve şeker partiküllerinin (ayrıca bazı ürünlerde süt tozu), sürekli faz olan kakao yağı ile dispersiyon oluşturduğu, yarı-katı süspansiyon formunda bir üründür” ifadesi kullanılabilir (Andrae-Nightingale ve ark. 2009). Genel olarak çikolata üretimi beş basamaklı bir prosesden oluşmaktadır; hammaddelerin karıştırılması, inceltme (refining), konçlama, temperleme ve son olarak kristalizasyon (Schumacher ve ark. 2009). Üretim prosesi, son ürün kalitesini büyük oranda etkilemektedir (Cidell ve Alberts 2006).

Çikolata üretiminde son aşama olan temperleme ve soğutma aşamaları öncesinde uygulanan karıştırma, ön inceltme, inceltme ve konçlama aşamalarının her biri, son ürün kalitesi üzerinde şiddetli değişim ve farklılıklar ile sonuçlanır (Glicerina ve ark. 2013). Bu kalite parametrelerinden duyu (dokunuş, erime özellikleri, akış davranışı, renk, aroma) özelliklerin dikkate alınması gerekir. Çünkü, çikolata beslenme özelliklerinden çok haz almak amacıyla tüketilen bir gıda maddesi olduğu için, tüketici algı ve kabul düzeyini etkileyen özelliklerin ürün ve proses geliştirme çalışmalarında mutlaka göz önünde tutulması gerekmektedir (Bolenz ve ark. 2003).

2.1.1.Karıştırma

Çikolata üretiminin ilk basamağı karıştırma işleminden oluşur. Çikolata üretimi sırasında farklı zamanlarda prosese ilave edilen katı ve akışkan bileşenlerin karıştırılması, istenen formülasyon akış özelliklerini elde etmek için kesikli veya sürekli karıştırıcılarda zaman-sıcaklık kombinasyonları kullanılarak yapılan temel bir işlemdir. Farklı ürün kategorilerine göre kakao likörü, şeker, kakao yağı, süt yağı ve süt tozunun 12-15 dakika süre ile melanjörler kullanılarak karıştırma işlemi yapılır. Bu işlem sırasında, kakao yağı bileşenin akışkan formda prosese dahil olması önem taşıdığı için işlem sıcaklığı olarak 40-60°C belirtilebilir. Ancak bileşimde yer alacak tüm kakao yağının yaklaşık 1/3'ü bu aşamada kullanılır.

Sürekli karıştırma otomatik yoğurucular, genellikle, Nestle ve Cadbury gibi tanınmış büyük çikolata üreticileri tarafından kullanılırlar ve bunlar, sert doku ve plastik kıvam sağlayan çikolatalar üretirler (Minifie 1989, Awua 2002).

2.1.2.İnceltme

İnceltme işlemi, doğru partikül boyutu ile sonuçlanmalıdır (Bolenz ve ark. 2003). Çikolatanın inceltmesi/öğütülmesi, modern çikolata ve ürünlerinden istenen yumuşak doku sağlanması için önemlidir. Şeker ve kakao likörü ve/veya çikolata türüne bağlı süt katı karışımları %8-24 genel yağ içeriğinde 30 µm'den küçük parçacık boyutuna getirilmektedir (Beckett 1999, 2000). Mikserden çıkan ürün boyut küçültme için öğütücülere gelir. İnceltme işlemi ile parçacıklar nihai üründe ağızda kumlu dokuyu önlemek için öğütülmektedir. Üretimdeki inceltme işleminin, ürünün tipini (sütlü, bitter, beyaz çikolata), prosesini ve bileşenlerini etkilediği tespit edilmiştir. Çikolatadaki mekanik boyut küçültme işlemleri geleneksel üretim hatlarının hepsinde bulunur. Değirmenler arasında en sık kullanılan; düz merdaneli incelticiler ve bilyalı değirmenlerdir (Ziegler ve Hogg 1999).

İyi tekstüre sahip çikolata eldesi için, inceltme işleminde ikili, üçlü ve beşli merdaneli incelticiler kullanılmaktadır (Torres-Moreno ve ark. 2012, Lucisano ve ark. 2006). Beş silindirli merdaneler, içi su akışı ile kontrol edilen dört boş ve bir sabit silindir olmak üzere dikey bir diziden oluşur ve hidrolik basınç ile bir arada tutulurlar. Çikolata ince bir film halinde giderek daha hızlı silindirler arasından geçirilir. Beşli silindirler katı parçaları keser ve oluşan yeni yüzeylerin lipid ile kaplanarak aktif hale gelmeleri ve böylece kakao

bileşenlerinin uçucu aroma bileşiklerini absorbe etmesini sağladığı çalışmalarla desteklenmektedir. Çikolata filminin inceltilmesinde, silindirler arasındaki boşluk, dönme hızı (rpm), basınç ve sıcaklık gibi birçok faktör etkili rol oynar (Awua 2002).

Çikolata üretmek için alternatif bir yöntem olan bilyalı değirmenlerde eş zamanlı olarak kütle öğütülür ve makaslanır. Üretim kapalı olduğu için hijyenik şartlarda işlenmesini sağlayarak kontaminasyonu önleyebilmektedir. Endüstriyel ölçekli diğer değirmenler gibi sürekli çalışmaya uygundur. Tüm öğütme işlemi sırasında beslenen kitle pompalanabilir olmalıdır. Böylece silindir inceltici ile karşılaştırıldığında düşük viskoziteli ve yüksek yağ içeriğine sahip ürün oluşumu sağlanabilir. Sistem kapalı olduğu için klasik kuru konçlama sırasında yapıldığı gibi nemi çıkarmak ve istenmeyen bileşikler uzaklaştırmak zordur. Bu olumsuzluğu önleyebilmek için Duyvis Wiener tarafından yeni bir yaklaşım ortaya konmuştur. Bilyalı değirmen sisteminde uçucu bileşiklerin uçurulması bir döner disk ile sıcak hava rotasyonu çikolata tabakasının üzerine üflenir. Bu cihazlar küçük ölçekli uygulamalar için önerilmektedir. Bunun yanı sıra yatay ve dikey bilyalı değirmenlerde ince film evaporatörler kullanılabilir (Alamprese ve ark. 2007).

2.1.3.Konçlama

Çikolata kalitesi kullanılan kakaonun kalitesi ile proses tarafından etkilenir (Braga ve ark. 2018). Başlıca çikolata proses basamaklarından birisi ise konçlamadır. Çikolata kitlesinin ısıtılırken veya belirli bir sıcaklıktayken karıştırma, yoğurma ve havalandırılması (Beckett 2000,Owusu ve ark. 2012) işlemi olan konçlama yüksek sıcaklıklarda (>40°C) çikolata kitlesinin hedef kalite özelliklerine ulaşması için oldukça önemlidir. Konçlama, çikolata üretiminde son tat ve aromanın oluşması, viskozitenin gelişmesi ve çikolata kitlesinin uygun tekstüre ulaşması için proses içerisindeki önemli bir süreçtir. Konçlama sıcaklığındaki ve süresindeki değişimler viskozite, tekstürü ve aromayı etkileyebilmektedir (Bolenz ve ark. 2003, 2004, Torres-Moreno ve ark. 2012). Çikolata üretiminde kullanılan geleneksel konç, ekipman kabuk biçimine benzediği için, Latince kabuk anlamına gelen ‘conche’ kelimesinden türetilmiştir. Konçlamada çikolata hamuru dövülür, yoğrulur ve havalandırılır. İnce film evaporatörler istenmeyen uçucu bileşikler ve suyu uzaklaştırmak için geliştirilmiştir. Bu işlem yoğurma ile eş zamanlı uygulanabilmektedir (Beckett 2000).

Konçlama, aynı ekipmanda sürdürülen üç fazlı bir süreçtir (Dimick ve Hoskin 1981, Bolenz ve ark. 2003, 2004, 2007, 2008 ve 2014, Becket 2000, Afoakwa 2010). Bu fazlar (i)

kuru, (ii) macun, (iii) akışkan faz olarak tanımlanır. Kuru fazda incelticiden gelen ve genel olarak pul yapıdaki kitle ısıtılır, karıştırılır ve havalandırılır. Bu aşamanın öncelikli amacı, çikolata bileşenlerinden, su ve kakao liköründen kaynaklı olan fermantasyon aşamasının, ürünlerdeki bazı uçucu asitlerin evaporasyonunu sağlamasıdır. Kuru konçlama aşaması sonrasında toplam asetik asit konsantrasyonu, buhar taşıyıcı olarak görev üstlenen serbest su kalmadığı için yaklaşık olarak sabit kalır (Dimick ve Hoskin 1981). Karıştırılan, yoğrulan sıcaklık ve degaze koşullar altında olan kitle ikinci faza girer. Son fazda ise tüm partiküllerin ince bir tabaka ile yağ kaplanması, pürüzsüz bir tekstür oluşması ve viskozitenin düşmesi için yağ ilavesi ile toplam yağ oranının artırılması, lesitin ve poligliserol polirisinolat ilavesinin gerçekleştirilmesi sağlanarak üçüncü faza girilir (Bolenz ve ark. 2003). Konçlamanın son aşamasında kalan kakao yağı ve emülgatörler ilave edilerek işleme devam edilir. Bu bileşenlerin ilavesi akışkanlığı arttırmaktadır. Ayrıca son ürünün reolojik özelliklerinde önemli etkiye sahiptir (Glicerina ve Romani 2016). Konçlama sırasında suyun uzaklaşmasında lesitin hidrofilik karakteri nedeni ile olumsuz etkileri olabilmektedir. Dolayısı ile lesitin kullanım/ilave aşaması bu işlemin son bölümünde gerçekleşir. Ayrıca lesitin ilk konçlama aşamalarında ilave edilirse kakao partikülleri tarafından absorbe edileceği için etkisi azalabilir. Konçlamadaki sıcaklık düzeyi de süreye bağlı olarak lesitin performansını azaltabilir (Wolf 2017).

Konçlamanın başlangıç fazı, yani kuru faz nemin düşmesi, reolojinin ve aromanın gelişmesi için büyük önem taşımakta olup, lesitin ve ilave kakao yağının katıldığı faz kalite açısından daha az önemlidir (Fischer ve ark. 2010). İlk aşamada çikolata kitlesinde yer alan suyun miktarının belirli bir düzeyin altına indirilmesi amaçlanır. Çünkü bir çözücü olarak suyun varlığı, çikolata bileşiminde yer alan şekerin kristalizasyon davranışı ile çikolatanın akış ve erime özellikleri üzerinde etkiye sahiptir (Glicerina ve ark. 2013). Uzaklaştırılması gereken su miktarı, çikolata türüne göre değişiklik gösterir. Çünkü hammaddeden gelen nem miktarları önemli farklılıklara sahip olabilir, örneğin sütlu ve beyaz çikolatalarda majör bileşenlerden olan yağlı ve/veya yağsız süttozu bu konuda dikkate alınması gereken bir faktördür. Bolenz ve ark.(2003) ideal koşullar altında sütlu çikolatalarda konçlama aşamasında uzaklaşması gereken su miktarının 0,1-0,5 g/100g düzeyinde olduğunu belirtmiştir (Bolenz ve ark. 2003). Bolenz ve ark. (2004) ise konçlama kuru fazında suyun hızlı şekilde uzaklaştığını (örneğin %0,88'den %0,60'a 25 dakikada düşüş) belirlemiştir.

Konçlama sırasında hava giriş çıkışı ile nem düzeyi modifiye olur ve istenmeyen lezzet ve aroma bileşikleri uzaklaşır veya okside olur (Franke and Tscheuschner 1991). Örneğin, Owusu ve ark. (2013), konçlamanın bitter çikolatada küfsü ve odunsu/dumansı istenmeyen aroma unsurları ile meyvemsi aromaların azalmasını sağladığını bildirmişlerdir. Ayrıca, konçlama sırasında ısı ve havalandırma etkisiyle katalizlenen oksidatif ve karbonil reaksiyonlarının sonucu istenmeyen bazı uçucu bileşiklerin yapıdan uzaklaşması gerçekleşir (Dimick ve Hoskin 1981). İşlem sonunda yeterli hava çıkışının sağlanması amaçlanır. Konçlama işleminin amaçlarından biri istenmeyen bazı uçucu bileşiklerin uzaklaştırılmasının yanı sıra, yine istenen bazı aroma maddelerinin gelişimine yönelik koşulların oluşmasıdır. Konçlama ile çikolatada bazı uçucu bileşenler uzaklaşarak “acılık” azalırken, istenen bazı aromalar da gelişir (Jolly ve ark. 2003). Kakao yağı, kavurma öncesi findıksı, buruk, acı ve asidik tatlara sahiptir. Asidik tatlar kavurma sırasında uçucu asit konsantrasyonundaki düşüşe bağlı olarak azalır, ancak laktik, süssinik, tartarik, sitrik ve okzalik asit gibi uçucu olmayan asitler bu prosesten etkilenmez iken kavurma süresinin uzaması ile birlikte toplam pirazin konsantrasyonu artış gösterebilmektedir (Khairy ve ark. 2018).

Çikolata reolojisi, dolayısı ile akış özelliklerinin gerek ürün kalitesi gerekse de proses açısından önemi bulunmaktadır. Çikolata reolojik özellikleri viskozite, kıvam, ağız hissi gibi parametreler üzerindeki etkisi nedeni ile son ürün kalitesi ve stabilitesi üzerinde oldukça önemli etkiye sahiptir (Glicerina and Romani 2016). Reolojik özellikler çikolatanın oral kavitedeki davranışını ve ağız hissini etkilemekte, ayrıca ağızdaki aroma algısında değişikliklere neden olabilmektedir. Dolayısı ile doğrudan kalite ile ilişkilidir. Kalıplama sırasında şekil bozuklukları ve hataları kaynaklı üretim kayıplarının reolojik özellik ve davranışla doğrudan ilişkisi bulunmaktadır.

Proses koşulları ile reoloji ilişkisi incelenirken, üretim prosesini (ön inceltme, inceltme, konçlama ve temperleme işlemleri ile bu işlemler arasında ve sırasında uygulanan taşıma, karıştırma, pompalama gibi uygulamalar) ve üretim sonrası elde edilen çikolata uygulamaları (kalıplama, kaplama) olarak sınıflandırabiliriz. Reolojik özellikler açısından değerlendirildiğinde en önemli basamaklar inceltme, konçlama ve temperleme olarak belirtilebilir (Glicerina ve Romani 2016, Servais ve ark. 2004). Genel olarak çikolata ve ürünlerinin reolojik özelliklerini iki temel faktör etkilemektedir (Vavreck 2004, Schantz ve Rohm 2005, Afoakwa ve ark. 2009a, Fernandes ve ark. 2013); (i) Formülasyon: Yağ

konsantrasyonu, yağ çeşidi, emülgatör konsantrasyonu, partikül boyut dağılımı, (ii) Proses: İnceltme, konçlama ve temperleme.

Konçlamanın fonksiyonu öncelikle partikül büyüklük ve homojen dağılımı yanısıra akışkanlığın geliştirilmesiyle ilişkilendirilmektedir (Schumacher ve ark. 2009). Konçlama işlemi sırasında katı partiküllerin yağ fazı ile kaplanması işlemi gerçekleştiği için akış özellikleri üzerinde bu üretim basamağının etkisi bulunmaktadır. Konçlama aşamasında çikolata kütlesinden bir miktar suyun uzaklaşması da çikolata reolojisinde değişime neden olur. Nemün uzaklaşması viskozitenin düşüşünü sağlamaktadır. Dolayısı ile konçlama işlemi ve koşulları ile çikolata reolojik özellikleri doğrudan ilişkilidir. Çünkü nem özellikle konçlama prosesi sırasında uzaklaştırılır ve bu durum çikolata blooming stabilitesi ve raf ömrü açısından önemli olduğu gibi reolojik özellikler açısından kritik bir niteliğe sahiptir (Afoakwa 2010, Konar 2013).

Çikolatada başlıca tekstürel kalite parametrelerinden birisi sertliktir. Çikolata örneklerinin sertliklerinin, kullanılan yağ tipi ve miktarı, şeker türü, partikül büyüklük dağılımı, temperleme koşulları yanısıra konçlama sıcaklığıyla da korelasyon gösterdiği belirlenmiştir (Kieran Keogh ve ark. 2003, Jovanovic ve Pajin 2004, Afoakwa ve ark. 2008a, De Clerq ve ark. 2012, Shouridah ve ark. 2012, Konar 2013, Tan and Balasubramanian 2017). Dolayısı ile konçlama prosesinde tekstürel değişimler meydana gelmekte olup (Braga ve ark. 2018), bu aşama çikolata teknolojisinde son ürün tekstürü için önem taşıyan bir işlemdir (Counet ve ark. 2002). Bu işlem sırasında katı partiküllerin yağ ile kaplanması tekstür gelişimini teşvik eder (Prawira and Barringer 2009). Konçlamada, tüm aglomeratların parçalanması ve partiküllerin kakao yağı ile kaplanması ve ayrıca viskozitenin düşüşü sonucu “pürüzsüz tekstürel özelliklere” ulaşılır (Jolly ve ark. 2003). Konçlamada kullanılan yöntem ve koşullar da tekstür üzerinde etkilidir. Örneğin, konçlama işlemi sırasında farklı süre x sıcaklık kombinasyonlarının kullanılması son ürüne bağlı olarak gerçekleştirilir ve bu durum proses ve ürün kalitesini etkiler. Bu etkilerin başlıcaları arasında tekstürel kalite de bulunmaktadır (Owusu ve ark. 2012, 2013, Konar 2013).

2.1.4.Temperleme

Pre-kristalizasyon işlemi, çikolata üretiminde çoğu kalite parametresi üzerinde önemli etkiye sahip olan bir işlem basamağıdır (Dhons ve Stapley 2006, Glicerina ve ark. 2013). Bu işlem, son ürün olan çikolatada polimorfik bir yapıya sahip olan kakao yağının en stabil katı

forma sahip olması için prekristalizasyonun gerçekleştirilmesidir (Afoakwa ve ark. 2008a). Kakao yağı altı farklı polimorfik formda kristalize olabilir, bu formlar form I-VI veya form sub- α , α , β_2' , β_1' , β_2 , β olarak adlandırılmakta olup, bu sıralama artan erime noktası ve artan stabiliteye göre gerçekleştirilmiştir (Dahlenborg ve ark. 2015). Pre-kristalizasyon işlemi, çikolatanın kontrollü ısı işlemleri ile altı farklı polimorfik formdan genel olarak en iyi kristal yapı ve ağına sahip olan form V'in oluşumunu sağlamak için yürütülmektedir (Debaste ve ark. 2008).

Çikolata teknolojisinde kakao yağının son üründe hedeflenen düzeylerde kristalizasyona uğraması, temperleme işlemi basamağı ile gerçekleştirilen pre-kristalizasyon ile indüklenen kompleks bir süreçtir. Bu nedenle temperleme, pre-kristalizasyonda kakao yağı ve olası diğer orijinli yağların varlıkları göz önünde tutularak, termodinamik açıdan daha stabil polimorfik bir kakao yağı oluşturmak için kullanılır (Afoakwa ve ark. 2009a, 2009b, Mohos 2010). Bu amaçla prekristalizasyon ile kakao yağının %1-3'lük bölümünün β_V polimorfunda kristalizasyona uğratılması (Hartel ve ark. 2018) ve soğutma ile de kristalizasyona uğrayan kakao yağı oranının %45-60 düzeyine erişmesine yönelik prosesler uygulanmaktadır. Kristalizasyonun tamamlanması ise, depolama sürecinde β_V polimorfunda kristallerin oranının toplam kakao yağının %60-80'lik düzeyine ulaşması ile tamamlanır (Mohos 2010). Temperleme işlemi; çikolatanın doğru (form β_V) formdaki kristalleri üretmek için yeterli karıştırılması ile bir seri ısıtma ve soğutma adımlarından oluşur (Schenk ve Peschar 2004). Bu işlemin amacı, çikolatayı oluşturan yağ süspansiyonunda yeterli sayıda ve homojen olarak dağılmış form β_V tohum kristallerini geliştirmektir. Konvansiyonel temperleme işleminin dört önemli aşaması bulunmaktadır; tam erime (50°C), kristalizasyon sıcaklığına soğutma (32°C), kristalizasyon (27°C) ve stabil olmayan kristallerin dönüşümü ($29-31^\circ\text{C}$) (Afoakwa ve ark. 2008b). Bu işlem akışkan çikolatanın farklı temperleme zonları boyunca pompalanması ile yürütülür (Bolliger ve ark. 1998).

Temperleme işlemi sırasında karışımda bulunan kakao yağında yaklaşık %1-5 oranında kristalleşme gerçekleşerek nükleasyon tamamlanır (Loisel ve ark. 1997, Beckett 2000) ve bu durum akışkan çikolata kitlesinde viskozite artışına neden olur. Soğutma işlemi ile de kristaller topluca tohumlanır ve büyür. Mikro boyutta katı kütlesinde homojen bir kristal ağ oluşumu devam eder ve soğutma tünelinin çıkışında katı maddede yaklaşık kristalleşme oranı %75'e ulaşmaktadır (Smith ve ark. 2008, Richter 2009). Ayrıca soğutma hızı, nükleasyon hızını etkileyen bir faktördür.

Çikolata, kakao yağının tüm polimorfların tamamen erimesini sağlamak için yaklaşık 45-50°C'ye kadar ısıtılmaktadır. Bununla birlikte çikolata tamamen sıvı olana kadar başka aşamaya geçilmemelidir. Erimiş çikolata daha sonra soğutulur (27-29°C) ve kristalleşmenin sağlanması için karıştırılır. Soğutma sırasında temper makinesi duvar sıcaklığı, duvarda oluşan yağ kristali türünü belirler (Şekil 2.1). Temperlemede son aşama, çikolatanın yalnızca kararsız kristal formlarının eridiği bir sıcaklığa kadar ısıtılmasıdır. Bu ısıtma, çikolatanın viskozitesini düşürür ve sonraki kalıplama veya kaplama oluşturma işlemlerini kolaylaştırır. Son ısıtma sıcaklığı, kullanılan çikolata türüne de bağlıdır (Smith ve ark.2008, Richter 2009).

Şekil 2.1. Çikolata temperleme işleminde sıcaklık aşamaları (Afoakwa 2010)

hazırda mevcut olan kararlı formların erimemesine özen gösterilmelidir (Hartel 1991,Smith ve ark. 2008, Richter 2009).

Pre-kristalizasyon süresi stabil kristal formlarının nükleasyonu ve büyümesine izin verecek kadar uzun olmalıdır. Bu süre, kullanılan ekipmanın türüne bağlıdır, ancak aynı zamanda ürünün formülasyonunun bir fonksiyonudur. Nelson (1988)'a göre, çikolata daha uzun süre temperlendiğinde daha fazla sayıda kararlı kristal oluşur ve bunlar daha yüksek bir erime noktasına sahiptir. Hartel ve ark. (2018), kristal nükleasyon hızının kristal yapı ve boyutunu dolayısı ile çikolatanın bazı fiziksel özelliklerini etkilediğini belirtmişlerdir. Ancak bu sürenin üretim kapasitesi, verimliliği ve enerji giderleri üzerindeki etkisi de göz önünde tutulmalıdır. Ayrıca uzun süreli pre-kristalizasyon sonucu over-tempered(aşırı temperlenmiş) çikolata kitlesi elde edilmesi halinde ürün kalitesini ve daha sonraki proses aşamalarını olumsuz etkilemesi riski bulunmaktadır. Bu nedenle optimum pre-kristalizasyon koşullarının oluşturulması ve yeterli düzeyde βV polimorfunun elde edilmesi gerekir.

Pre-kristalizasyonda uygulanan karıştırma hızı, karıştırma verimliliğini ve ayrıca temperleme ekipmanı içerisindeki ısı ve kütle transferini etkiler. Bununla birlikte, çok fazla kesilme, hali hazırda kararlı kristalleri eritebilecek bir ısı üretebilir. Bu nedenle optimum karıştırma hızı belirlenmelidir. Çikolata üretim sırasında kakao yağı izotermal faz davranışı hakkında bilgi, bu optimizasyon için önem taşır (Foubert 2003).

Gelişmekte olan teknoloji, değişime uğrayan tüketici beklentileri, üretim büyüklüğü ve anlayışlarında yaşanan farklılaşmalar çikolata teknolojisinde de kendini göstermektedir. Büyük işletmelerde kullanılmakta olan ve konvansiyonel temperleme işlemi esaslı pre-kristalizasyon işlemleri için yüksek maliyetli yatırım ihtiyaçları söz konusu olmaktadır. Küçük işletmeler ve artisan yaklaşımı ile üretim yapılan işletmelerde ise, teknik personel yetkinlik ve deneyimi pre-kristalizasyonun etkin ve doğru olması üzerinde belirleyicidir. Ancak bu durumda ise standardize edilmiş üretim gerçekleştirilememektedir. Bu nedenle de yüksek maliyetli olmayan, genellikle kesikli olarak çalışan ekipmanların kullanımı devreye girmektedir. Ancak bu tip ekipmanların düşük verimliliğe sahip olması söz konusu olup, yüksek enerji maliyeti ve uzun proses süreleri ile karşı karşıya kalınmaktadır.

Çikolata bileşiminde alternatif hammaddelerin kullanımına dair yenilikler, bileşen düzeylerindeki optimizasyon çalışmaları, özellikle düşük kalorili ya da biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmiş çikolata gibi tüketici beklentilerini karşılamaya yönelik yenilikçi ürünlerin

ortaya koyulması da pre-kristalizasyon uygulamalarında dikkat alınmalıdır. Çünkü şeker, kakao kitlesi ve lesitin gibi başlıca çikolata bileşenlerinin pre-kristalizasyon uygulamalarında, kakao yağı kristalizasyonu üzerindeki etkisi belirlenmiştir (Svanberg ve ark. 2011, Dhons ve Stapley 2006). Örneğin “heterojen bir nükleasyon ajanı” olarak tanımlanabilen ve özellikle düşük erime sıcaklığına sahip polimorfik yapıların gelişimi teşvik eden dolgu tatlandırıcı türü ve düzeyi, nükleasyonun süresi ve kakao yağı kristallerinin gelişimde farklılaşmaya neden olabilmektedir (Svanberg ve ark. 2011, Konar ve ark. 2017, Oba ve ark. 2017). Yüzey aktif bileşen olarak çikolatada etkisi büyük öneme sahip lesitin ise, şeker kristallerini kaplama özelliği nedeni ile kakao yağı/şeker karışımları ile karşılaştırıldığında düşük düzeyde de olsa indüksiyonun uzamasına neden olabilmektedir (Dhons and Stapley 2006). Bu nedenle de pre-kristalizasyon tekniği ve alternatif yöntemlerinin, yeni ürün geliştirme çalışmalarında dikkate alınması gerekmektedir.

Temperleme süreci çikolata üretiminde kritik bir adımdır. βV formu diğer kristal formları arasında iyi duyuşal özelliği, stabil mikroyapı ve yağ migrasyonu üzerindeki yavaşlatıcı/geciktirici etkisi nedeni ile istenen formdur (Afoakwa ve ark. 2008b). Kakao yağı kristalleri son ürün kalitesinde parlaklık, sertlik, ısıl direnç ve stabilite ile ve fat blooming direnci gibi özelliklerini etkiler (Depoortere 2011). Bu nedenle pre-kristalizasyon ve bu aşamada oluşan çekirdek kristaller ile soğutmanın indüklediği kristalizasyon çikolata kalitesi üzerinde büyük etkiye sahiptir.

Temperleme ile son ürünün tekstür, renk ve erime profilini optimize etmek mümkündür (Smith ve ark. 2008). Çikolatada renk önemli bir parametredir. Parlak yüzeye sahip olan çikolata daha yüksek düzeyde beğeni görür. Bu özellik üzerinde uygulanan pre-kristalizasyon prosesi de etki sahibidir. İyi temperleme sonucunda hedeflenen özelliklerdeki polimorf ve kristal gelişimi, küçük boyutlu yağ kristalleri ile sonuçlanır ve bu kristallerden bir bölümü çikolata yüzeyinde pürüzsüz bir tabaka oluşturur. Böylelikle de daha parlak olan ürün elde edilir (Hartel ve ark. 2018). Bu kristallerin boyutları ve paketlenme özellikleri diğer kalite özelliklerinden tekstür ve snap’i de etkiler. Güçlü bir ağ yapısı oluşumu ile sertlik ve snap artar. βV formu erime sıcaklığı dikkate alındığında, depolama sürecinde bu kristallerin varlığının fat bloom stabilitesi için ne derece önemli olduğu görülebilir. Bu formun oluşması ise daha önce de vurgulandığı gibi uygulanan pre-kristalizasyon prosesi ve koşullarına bağlıdır.

Pre-kristalizasyonun çikolata üretiminin kendisini takip eden diğerk basamakları üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bu basamaklardan birisi kalıplama veya kaplamadır. Pre-kristalizasyon ile nükleasyonun oluşması ve kristal gelişimi çikolata kitlesinin yoğunluğunun yükselmesini sağılar. Bu durumda da büzülme gerçekleşir ve kalıptan daha rahat ayrılır (Lonchamp ve Hartel 2004, Afoakwa 2009a, Minifie 1989). Çünkü iyi temperlenmiş çikolata, hızlı katılaşır, kalıplamada rahatlıkla büzülür, snap kalitesi ve sertliğı yüksek olur (Hartel ve ark. 2018). Ancak bu yoğunluk değışimi, çikolata bileşiminde kullanılan yağı düzey ve kompozisyonuna göre farklılık gösterir. Ayrıca yoğunluk farklılığı, diğerk taşıma ve aktarım işlemlerini etkileyebilecek düzeylerde de olabilir.

Uygun olmayan pre-kristalizasyon ise sakızımsı, kumsu yapıda, fat blooming (yağı çiçeklenmesi) gelişimine açık, beğeni düzeyi düşük görünüşte olan çikolata ile sonuçlanması nedeni ile önemli kalite problemlerine yol açabilir (Debaste ve ark. 2008, Hartel 2001). rneğinin, aşırı temperlenmiş çikolatada çok sayıda ve/veya büyüklükte kakao yağı kristalleri oluşur. Daha viskoz bir çikolata kitlesi elde edilir. Bu durum, kaplama veya kalıplamada teknik sorunlar yanışıra hava kabarcıkları gibi görsel sorunlara neden olabilir (Hartel ve ark. 2018). Düşük düzeyde temperlenmiş çikolatalarda ise, stabil formda olmayan kristallerin oluşumu söz konusudur. Bu kristaller düşük sıcaklıklarda erime sıcaklığına sahip olup, ürünün termostabilitesini etkiledikleri gibi, depolama sırasında kısa sürede fat blooming gelişimine neden olurlar (Altimiras 2007, Afoakwa ve ark. 2009a).

Çikolata teknolojisinde endüstriyel temper cihazları genel olarak sıyırma yüzeyli ısı değıştiriciler olup, bu ekipmanlarda kontrollü ısı programların uygulanması yanışıra kristalizasyonu indüklemek için karıştırma da uygulanır (Hartel ve ark. 2018). Sanayi tipi sürekli temperleme makineleri, günümüzde bilgisayar destekli gelişmiş ısı eşanjrleridir. ikolatanın termal iletkenliğinin düşük olması nedeni ile temperleme makinelerinde yüzey ile teması sağılayacak akış koşullarının sağılanması önemlidir. Eriyik ikolata, yüzey sıyırıcılı ısı değıştirici zonlarından geçirilir. Genellikle en az üç zon vardır, ancak yedi veya daha fazla ısı değıştiricisi bulunan sistemlerde mevcuttur (Beckett 2008).

Genel bir kural olarak, çikolata ilk ısı değıştirici bölgesinde soğutulur. Kristalleşmenin bir polimorf karışımı içinde gerçekleştiğı ara eşanjörlerde biraz daha soğutulur ve nihayetinde kararsız maddeleri dönüştürmek için son aşama ve/veya aşamalarda yeniden ısıtılır. ikolatanın sıcaklığı artmaya başlar ve kararsız kristalleri dönüştürür ve sadece βV polimorflarının kalması sağılanır (Slettengren 2010, Cebula ve ark. 1999).

Sürekli sanayi tipi temperleme cihazlarının ısı değiştirici sayısı, yatay ve dikey yerleşimi, vidalı, burgulu, disk ve tohumlamaya uygun sistemler, suyun akışının kontrolü vs. gibi birçok faktörün değiştirilmesi ile Hosokawa Kreute, Aasted, Carle ve Montanari, APV Baker ve Sollich gibi üreticiler tarafından üretilen tasarlanmış temperleme makineleri mevcuttur (Smith ve ark. 2008).

2.2.Mikroalgler

Algler, hücre içinde protein, pigment, yağ asitleri, vitaminler, antibiyotikler, hidrokarbonlar, polisakkaritler ve daha pek çok metabolitleri ve fonksiyonel bileşenleri, yüksek miktarlarda doğal olarak biriktirebilmektedirler. Bu nedenle mikroalglerden yararlanmak için insanoğlu 100 yıldan fazla bir zamandır araştırmalar yapmaktadır. Mikroalglerin büyük ölçekli yığın kültürlerinden elde edilen algal biyokütle ile bundan çıkarılan proteinler, lipitler, nişasta, gliserol, doğal pigmentler ve biyopolimerler gibi metabolitlere olan ticari ilgi giderek artmaktadır. Birçok bilim adamı, mikroalgleri, zengin bir çoklu doymamış yağ asitlerinin, E vitamininin, pigmentlerin ve diğer besinlerin (steroller, protein ve amino asit vb.) kaynağı olduğunu rapor etmişlerdir (Bandarra ve ark. 2003). Ayrıca mikroalglerin kontrollü şartlarda geniş ölçekli üretimi, gıda endüstrisinde, karasal ve sucul canlıların beslenmesinde toz yem ve canlı yem olarak kullanılmasının yanısıra, azot ve fosfor gibi çözünmüş besinler bakımından düşük düzeyde, başka bir deyişle biyolojik yolla arıtılmış atık su eldesi bakımından önemlidir (Ötleş ve Pire 2001).

Mikroalgler, çeşitli antioksidan vitaminler bakımından oldukça zengindir. Bu nedenle mikroalgler, en çok üzerinde çalışma yapılan biyolojik materyallerden biri haline gelmiştir. Günümüzde bu antioksidan bileşiklerden bir kısmı ticari olarak üretilmekte ve büyük talep görmektedir. Algler, fotosentez ile güneş enerjisini organik bileşiklere dönüştüren bitkisel bir yapıdır. Alglerin çoğu, vitaminler ya da pigmentler gibi ticari değeri olan bileşikleri yüksek oranda üretebilmektedir. Mikroalg türleri doğal antioksidan olması özelliğiyle insan sağlığı ve balık dış satımında renklenme açısından büyük önem taşıyan, dolayısıyla da yüksek ticari değere sahip olan vitamin ve pigment gibi bileşikleri önemli oranlarda içermektedir. Karotenoidler ve klorofiller, fotosentez yapan organizmalarda bulunan yapılardır ve bu hücrelerle beslenen hayvanlarda depolanan karotenoidlerin kaynağıdırlar. Karotenoidler, sadece fitoplankton, algler, bitkiler ve sınırlı sayıdaki mantar ve bakteriler tarafından üretilen, yağda çözünür molekülüdür (Horrobin 1999, Baysal ve Ersus 1999). Bitki ve

alglerde karotenoidler, klorofil ve diğer pigmentlerle beraber fotosentetik işlemlerde hayati bir öneme sahiptir. Hayvan vücudunda karotenoidlerin bir bölümünün retinole dönüştüğü, diğer bölümünün ise yumurta sarısı, süt ve organellerde yağ içinde yer aldığı bilinmektedir (Baysal ve Ersus 1999). Primer karotenoidler, uygun büyüme koşulları altında sentez edilebilen pigmentlerdir. Sekonder karotenoidler ise özellikle yüksek ışık şiddeti ve azot yetersizliği gibi ekstrem koşullar altında üretilir. Özellikle besin sınırlaması sonucunda, algin renginin yeşilden kırmızı-turuncu renge dönüşü, sekonder karotenlerin artışı ile ilişkilidir.

Çeşitli gıda bileşeni bileşiklerin üretimi için mikroalglerle bağlı olanaklarla ilgili listenin en önemli öğelerinden birisi olarak algal yağların yapıtaşı olan çeşitli yağ asitleri bulunmaktadır (Cohen ve Richmond 1986). Genelde ticari olarak en önemli olanlar çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve esansiyel yağ asitleri (EFA)'dır. İnsan beslenmesinde önem taşıyan başlıca EFA'leri linoleik asit, araşidonik asit, linolenik asit ve eikosapentaenoik asittir. Linoleik haricindeki bu asitler bitkisel ve hayvansal kaynaklarda nadirdir, fakat bazı alg türlerinde oldukça yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bir örnek olarak prostaglandin'in bir göstergesi olan araşidonik asit bakımından zengin bir kırmızı alg türü olarak, *Porphyridium cruentum* örnek gösterilebilir. Ahern ve ark. (1983)'e göre *Porphyridium*'dan araşidonik asit üretimi geleneksel hayvan kaynaklarıyla karşılaştırıldığında çok daha avantajlıdır.

Ticari olarak *Porphyridium*'dan elde edilen polisakkaritler, bileşim ve fonksiyonellik açılarından makroalglerden (alginate, karragenanlar ve agarose), heterotrofik bakterilerden (ksantan gum), mantarlardan elde edilenler ile rekabet edebilecek durumdadır. Arad ve ark. (1988), bol miktarda polisakkarit üreten üç türü *Porphyridium* sp., *P. aerugineum* ve *Rhodella reticulata* olarak bildirmiştir. Bu üç türden elde edilen polisakkaritlerin reolojik özellikleri detaylı olarak çalışılmış olup, *P.aerugineum* ve *R. reticulata*'nın polisakkaritlerinin karragenan ve ksantan gumdan daha yüksek viskoziteye sahip olduğu bulunmuştur. Genelde bu üç polisakkaritin reolojik davranışları benzer olup, geniş bir aralıktaki aşırı sıcaklık (20-90°C) ve pH değerlerinde (2-9) stabildir. Ayrıca bakteriler tarafından üretilen polisakkaritlere benzer olarak yüksek tuzlulukta da stabilite tespit edilmiştir (Arad ve ark. 1988).

Gıda bileşeni olarak mikroalglerin kullanımında ise bazı türler diğerlerinden daha çok dikkat çekicidir. Bunun nedenleri arasında, bileşimlerinde yer alan ve gıdalarda biyoaktif bileşenler veya teknolojik uygulamalar için kullanılabilirlik yer almaktadır. Ayrıca sürdürülebilir ve yüksek verimlilikteki tekniklerin kullanımı da maliyet ve ulaşılabilirlik

açısından önemlidir. Bu türlere örnek olarak *Diacronema vlkianum*, *N. oculata*, *Porphyridium* sp. verilebilir.

Bu çalışma kapsamında, biyoaktif bileşen ve pigment kaynağı olarak seçilen mikroalg türü *N. oculata*'dır. *Nannochloropsis*, Eustigmatophyceae sınıfı üyesi olup önceden deniz chlorellası olarak adlandırılır. Daha sonradan 1981 yılında Hibbered tarafından *Nannochloropsis* olarak adlandırılmıştır (Maruyama ve ark. 1986, Rodolfi ve ark. 2003). Bu mikroalg genellikle balık çiftliklerinde rotifer besini ve yeşil su tekniği için balık larvası tanklarında kullanılır (Lubzens ve ark. 1995, Rodolfi ve ark. 2003, Zittelli ve ark. 2004, Hu 2004). *Nannochloropsis* klorofil b, hücrel ksantofil pigmentlerinin kompozisyonunun yanı sıra, yağ asitlerinden özellikle de yüksek EPA (Eicosapentaenoic asit, 20:5 ω 3) içeriği (Maruyama ve ark. 1986) gibi yüksek yapıları ile tanımlanmaktadır (Owens ve ark. 1987, Volkman ve ark. 1983).

N. oculata, 2-4 μ m boyutlarında ince bir hücre duvarı ile çevrelenmiş, bir ya da çok sayıda uzun ya da oval kloroplastlar, bir çekirdek ve birkaç mitokondriye sahiptir. Kloroplastlar düzgün aralıklardaki lamellerden oluşan değişken sayıdaki tilakoidlerden meydana gelmişlerdir. Pirenoid ve nişasta taneciği yoktur. Kloroplast membranı ve çekirdek zarfları sürekli. Stoplazma içinde lameller ile tamamlanmış boşluklar yer almaktadır (Sukenik ve ark. 1989, Maruyama ve ark. 1997).

N. oculata çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA), EPA (eikosapentaenoik asit, 20:5 ω 3) ve ARA (araşidonik asit, 20:4 ω 6) bakımından zengindir. EPA, kalp hastalıklarında ve yüksek kolesterol tedavisinde, kolesterol düzeyinin düzenlenmesinde, romatizma riskinin azaltılmasında kullanılmaktadır (Dyeberg 1986, Simonopoulos 1991). Ayrıca EPA ve ARA gibi bazı çoklu doymamış yağ asitleri, insan vücudunda prostaglandinlerin ön maddesidir ve prostaglandinler yağ metabolizması, kalp atış hızı, kan basıncı üzerinde etkin olduğu bulunmuştur. Astım, romatid artrit gibi alevlenme dönemleri olan ateşli hastalıkların tedavisinde, peptik ülserlerde, yüksek tansiyonun kontrolünde, kan basıncı ve yağ metabolizmasının düzenlenmesinde etkilidir. Dolayısıyla, birçok yönden sağlığa faydalı etkilere sahip olan mikroalglerin, gıda ürünlerinde fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi için kullanım potansiyeli bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 2.1. *Nannochloropsis oculata* biyokütle bileşimi (Durmaz ve ark. 2009)

Alfa Tokoferol (lg g-1 DW)	257,7 ± 21,6
Toplam Karoten (mg g-1 DW)	6,5 ± 0,8
Klorofil (mg g-1 DW)	3,0 ± 0,7
Astaksantin %	39,5 ± 9,5
Lutein %	21,2 ± 3,0

Diacronema spp. hücredeki belirgin lipid cisimciklerinde yağ damlacıkları olarak biriken n-3 PUFA, özellikle de eikosapentaenoik asit (EPA, 20: 5n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, 22: 6n-3) açısından oldukça zengindir. Bu durum mikroalgleri, balık yağı kaynaklarına n-3 PUFA'ya değerli bir alternatif olarak, su ürünleri yetiştiriciliği ve gıda endüstrileri için potansiyel olarak umut verici bir kaynak haline getirmektedir. Aynı zamanda bazı steroller, tokoferoller, karotenoidler, diğer pigment ve nutrasötiklere ek olarak β -sitosterol varlık ve düzeyi de dikkat çekicidir (Volkman ve ark.1997, Donato ve ark. 2003, Durmaz ve ark. 2009, Batista ve ark. 2013).

D. vlkianum yağ asidi profili, pigment profilleri ve mineral içeriği, yaygın üretim ve tüketime sahip bir diğer mikroalg türü olan *Spirulina* (Arthrospira) ile karşılaştırıldığında, her iki alg de zengin protein kaynağı olmakla birlikte n3/n6 oranları (4,1'e karşı 0,1), n3-PUFA içeriği (100 kat daha yüksek), pigment içeriği (%0,9'a karşı %2,4'e) ve bazı mineraller (sodyum ve potasyum açısından) *D. vlkianum*'un avantajlı olduğu görülmektedir (Batista ve ark. 2013, De Mello-Sampayo ve ark. 2017).

Çizelge 2.2. *Diacronema vlkianum* yağ asidi profili (Durmaz ve ark. 2009)

Yağ asitleri	Log, Artış fazı	Durgunluk fazı
14:0	18,83±2,29	14,32±0,60
16:0	10,10±0,62	8,34±0,66
Diğer doymuş yağ asitleri	5,14±0,29	5,24±0,62
ΣDoymuş yağ asitleri	34,18±2,85	28,06±0,23
16:1ω7	18,22±0,78	15,51±0,67
Diğer çoklu doymuş yağ asitl.	1,22±0,13	1,77±0,25
ΣÇoklu doymuş yağ asitleri	21,03±0,82	18,86±0,51
18:4ω3	5,15±0,31	6,82±0,35
20:5ω3	14,92±1,62	20,42±0,30
22:6ω3	3,38±0,46	4,75±0,20
Diğer çoklu doymamış yağ asitl.	7,77±1,31	7,48±0,34
Σ Çoklu doymamış yağ asitleri	31,24±3,47	39,48±0,87

Mikroalg üretiminde kullanılan sistemler genel olarak; açık ve kapalı sistemler olarak sınıflandırılabilir. Mikroalg üretimi için verimli topraklara ihtiyaç duyulmamaktadır. Açık kültür sistemlerine tanklar, kanal havuzlar, dairesel havuzlar, karıştırılmayan büyük havuzlar ve doğal göller örnek olarak gösterilebilir. Kapalı kültür sistemlerinde ise en yaygın kullanılan panel ve tübüler kapalı fotobiyoreaktörlerdir. Kapalı fotobiyoreaktörler, açık sistemlere göre birçok avantaja sahiptir; tek tür mikroalg kültürünün yapılabilmesi, yüksek oranda CO₂ transferine izin verebilmeleri, CO₂ kaybının az olması, dış alanlarda kurulduğunda güneş enerjisinden en üst seviyede yararlanma ve biriken oksijenin hızla uzaklaştırılmasını sağlama, daha az yer gereksinimi, kontaminasyon riskinin daha az olması, suyun kimyasal, fiziksel parametrelerinin kontrol edilebilmesi (sıcaklık, tuzluluk, pH vb.), sürekli, yüksek yoğunluktaki kültürlerle çalışma imkanı ve hasat maliyetinin daha düşük olması şeklinde sıralanabilir. Bu nedenlerden dolayı yoğun mikroalg üretimi için en ideal sistemin kapalı fotobiyoreaktörler olduğu belirtilmektedir (Tredici ve Zittelli 1997, Satyanarayana ve ark. 2011)

Pilot ölçekli örnek bir tübüler fotobiyoreaktör, 50 mm. çapında 125 metre uzunluğunda 270 litre toplam hacimli ve 30 mm çapında 200 metre uzunluğunda 180 litre toplam hacme sahip şeffaf pleksiglas malzeme kullanımı ile tasarlanarak imal

edilebilmektedir (Şekil 2.2). Fotobiyoreaktör çalışması sırasında sürekli olarak sistem içerisindeki mikroalg kültürünün pH, sıcaklık gibi tüm verilerin sensörler aracılığıyla izlenmesi sonucu gerekli müdahaleler otomatik olarak yapılabilmektedir.



Şekil 2.2. Tübüler fotobiyoreaktör (Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi)

Mikroalg biyokütlenin besinsel değerlerinde sadece kültür koşulları değil algal pastanın kurutulma işlemide etkilidir. Mikroalg biyokütlelerinin konsantrasyonlarının artırılması için kullanılan başlıca teknikler püskürtmeli kurutucular, akışkan yatak kurutucular ve freeze-dryingdir (liyoofilizasyon, dondurarak kurutma) (Ibanez and Cifuentes 2013). Ayrıca drum-dryer ve güneşte kurutma tekniği de uygulanabilmektedir (Olaizola 2003). En verimli kurutma yöntemi dondurarak kurutma yöntemidir. Fakat sürenin uzun olması ve yüksek hacimlerde işlem yapmanın zorluklarının yanı sıra yüksek maliyetli bir işlemdir. Büyük algal pastaların kurutulmasında hızlı ve düşük maliyetli tekniklerin kullanımı daha çok tercih edilmektedir (Durmaz ve ark. 2002). Ayrıca (i) pigmentler, çoklu doymamış yağ asitleri, karotenoidler gibi bazı bileşenlerin proses ve depolama stabiliteğini geliştirmek, (ii) farklı gıda matrislerinde kullanım olanaklarını arttırmak (örneğin çözünürlük nitelikleri geliştirerek) gibi amaçlarla, mikroalgler enkapsüle edilebilmektedir. Liyoofilizasyon ve püskürtmeli kurutma teknikleri, mikroalg enkapsülasyonu ve kurutulması için öne çıkan ve yaygın uygulamalardır (Dufosse ve ark. 2005). Püskürtmeli kurutma tekniği, endüstriyel uygulamalara aktarım oranının yüksekliği, düşük maliyeti, ekipman ulaşılabilirliği, çok sayıda gıda maddesinde başarılı uygulamaları yanı sıra çok kısa sürede hızlı akışkan evaporasyonu gerçekleşmesi ile 100°C'nin altındaki sıcaklıklara maruz kalmasından dolayı avantaj sahibidir (Gharsallaoui ve ark. 2007, Chen ve ark. 2016). Dolayısı ile bu araştırmada püskürtmeli kurutma tekniği ile bazı mikroalg türlerinin enkapsülasyonu kapsama alınmıştır.

Püskürtmeli kurutma tekniğinin farklı mikroalg türlerinin kurutulması veya enkapsülasyonu için kullanımı, son 30 yıl içerisinde uygulamaya geçirilmeye başlanmıştır. Leach ve ark. (1998) farklı inlet ve outlet sıcaklıklarının kullanımının püskürtmeli kurutma tekniği ile *Dunaliella salina*'nın kurutulmasındaki etkisini ve beta-karoten düzeyindeki değişimini incelemişlerdir. Ayrıca *Spirulina* türü mikroalglerde püskürtmeli kurutma uygulamasının fikosiyanın, protein ve karbonhidrat bileşimi üzerindeki etkileri bazı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Morris ve ark. 2001, Sarada ve ark. 1999). Yakın tarihli bir başka çalışmada, Chen ve ark. (2016) tarafından *Haematococcus pluvalis* türü mikroalgin püskürtmeli kurutma tekniği ile enkapsülasyonu amacıyla bir çalışma yürütülmüş ve bu çalışmada aralarında püskürtmeli kurutma inlet sıcaklığının da yer aldığı (170-185°C) bazı proses parametrelerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda %92-97 aralığında verimlikle gerçekleştirilen enkapsülasyon sonucu astaksanthin stabilitesinin arttığı bildirilmiştir. Palabıyık ve ark. (2017) püskürtmeli kurutma ile yaptıkları kurutma denemelerinde 120°C-200°C arasında sıcaklıkta kurutma işleminde 180°C'de gerçekleştirilen inlet sıcaklık uygulaması ile en iyi pigment düzeyine ulaşıldığını bildirmişlerdir.

2.3. Fonksiyonel Çikolata

Yaygın tercih ve tüketime sahip olan gıdaların, biyoaktif bileşenlerin ilavesi ile fonksiyonel özellikleri geliştirilmektedir. Bu tür gıdalar, ayrıca belirli tüketici grupların spesifik taleplerine göre de geliştirilerek üretilmektedir (Morato ve ark. 2015). Örneğin, diyetle yağ düzeyinin azaltılması enerji alımında düşüş ve obezitenin azaltılması ile ilişkilendirilebilir. Bu durum özellikle temel diyetin bir parçası olmayan, tüketimi ertelenebilir nitelikte olan çikolata gibi ürünler için önemlidir (Rezende ve ark. 2015). Bu durum, şekerleme ve çikolata alanında yürütülen araştırmalar için önemli bir veri niteliğindedir (Fernandez-Murga ve ark. 2011). Ayrıca özellikle gelişmekte olan ülkelerde, günümüzde anahtar niteliğindeki bir trend ise fonksiyonel bileşenler, biyoaktif maddelerin sağlıklı beslenme amacıyla “taşıyıcı” olarak şekerleme ürünlerinin kullanılması ve bu amaçla özellikle “şekersiz” şekerlemelerin ve fonksiyonel çikolataların geliştirilmesidir (Belscak-Cvitanovic ve ark. 2012).

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki tüketicilerin %41'inin, rahatlamalarına ve daha iyi hissetmelerine destek olabilecek çikolata tüketmek istedikleri belirtilmiştir (Callebaut 2008). Özellikle son yıllarda fonksiyonel çikolata ürünlerinin önemli popülerlik kazandığı bu ülkede

tüketicilerin %35'inin bağışıklık sistemini kuvvetlendirici çikolata talep ettikleri ise bir başka çalışma sonucunda belirtilmiştir (Saka 2011). Çikolata sevenlerin fonksiyonel ürün taleplerinde bir koşul öne çıkmaktadır; klinik olarak doğrulanmış fiziksel ve duygusal sağlık yararları (Callebaut 2008). Ancak tüketicilerin tutumunu yalnızca potansiyel sağlık üzerindeki etkileri belirlememekte, bu özelliklere sahip gıdaların mümkün olduğunca konvansiyonel olanlar ile aynı form ve duyusal niteliklerde olmasını da talep etmektedirler (Ares ve ark. 2010). Ayrıca, biyoaktif bileşiğin yer alacağı gıda matriksinde orijinal kimyasal yapısını optimum düzeyde muhafaza etmesi ve fonksiyonelliğini raf ömrü boyunca sürdürürerek, tüketim sonrası biyoyararlılık ve biyokullanılabilirlik düzeyinin yüksek olması önem taşımaktadır (Botelho ve ark. 2014).

Konvansiyonel formu ile de çikolata sağlık üzerindeki bazı olumlu etkileri ile ilişkilendirilebilir. Bunlar arasında; kardiyovasküler sistemi desteklemesi (Kay ve ark. 2006, Hooper ve ark. 2012), kortizol ve kateşolaminlerin ürüner atımını azaltması (Martin ve ark. 2010), cilt, kolesterol konsantrasyonu ve anadimid ve serotonin salgısı ile ilişkili etkilerin yanısıra, stimulant nitelikteki teobromin ve kafein içermesi (Lamuela-Raventos ve ark. 2005, Katz ve ark. 2011, Sokolov ve ark. 2013) belirtilebilir. Ancak çoğu potansiyel yararları kakao orijini flavanoller ile ilişkili olup, bu bileşik grubunun düzey ve biyoyararlılığı üzerinde üretim tekniği ve ürün formülasyonunun önemli düzeyde etkisi bulunmaktadır (Fernandez-Murga ve ark. 2011, Smith 2011). Fakat beyaz çikolatada kakao kuru maddesi bulunmadığı göz önünde bulundurulursa, beyaz çikolatanın fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesinin, insan sağlığı yanısıra tüketicilerin yeterli düzeyde tatmini ve bu ürün grubuna yönelik tercih düzeylerini etkileyebileceği belirtilebilir. Bu çalışmanın ön hazırlıkları sırasında gerçekleştirilen literatür taraması ile, beyaz çikolata ve türevi ürünlerde *Nannochloropsis oculata* mikroalg türünün doğal renklendirici veya biyoaktif bileşen kaynağı olarak kullanılması sonucu yenilikçi ürün geliştirilmesine dair herhangi bir araştırma ile karşılaşılmamıştır.

2.4. Şekerleme Teknolojisi ve Mikroalgler

Araştırmanın ön çalışmaları kapsamında bilimsel süreli yayın (Sciencedirect, Google Scholar vb.) ve patent (Google Patents, WPO vb.) veritabanlarında yapılan taramada, *Nannochloropsis oculata* mikroalg türlerinin beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema üretiminde kullanımına dair bir çalışma veya patent ile karşılaşılmamıştır. Ayrıca bu mikroalg

türlerinin püskürtmeli kurutma kullanılarak kurutulmaları ile ilgili de bir patent belirlenememiştir. Yalnızca bir başka mikroalg türünün (*Spirulina plantesis*) farklı bir şekerleme ürünü (marshmallow) bileşiminde kullanıldığı, yerel dil (Endonezya) dışında herhangi bir dil ile yayınlanmamış (örneğin İngilizce) iki çalışma tespit edilebilmiştir (Kinandari 2013, Kurniawan ve ark. 2016). US8563049B2 numaralı patent (2013) ise *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella regularis* ve *Chlorella sorokiniana* türü mikroalglerin, aralarında çikolatanın bulunmadığı ancak farklı şekerlemelerin bulunduğu bazı gıda maddelerinde, enkapsüle edilmemiş ve oral-dental sağlık amaçlı %5-28 oranları arasında kullanımını kapsamaktadır.

Çikolatanın duyuusal algısını etkileyen en önemli parametrelerden birisi renk ve görsel özellikleridir (Viaene ve Januszewska 1999). Objelerin görsel karakteristikleri ile ilgili bilgi sağlayan parametreler arasında renk, parlaklık ve transparanlık yer almakta olup, bunlar görünüşün oluşturduğu algıyı genel olarak belirlemektedirler. Renk ile ilgili uygun bilgi, bilgisayarlı görüntü sistemleri ve renk-imaj analizleri gibi modern teknoloji ve metodlar ile sağlanabilmekte olup, kullanılan modellemelere verilebilecek başlıca örnekler Hunter Lab ve CIE Lab'dır (Lawless ve Heymann 1998, Jahns ve ark. 2001, Hatcher ve ark. 2004, Briones and Aguilera 2005, Afoakwa ve ark. 2008a). Özetle çikolata ile ilgili araştırmalarda incelenen başlıca renk parametreleri, parlaklık, kroma, hue açısı ve beyazlık indeksi olarak belirtilebilir. Daha önce gerçekleştirilen çeşitli araştırmalarda sütlü çikolatalar için parlaklık değeri 38,25-43,49 ve kroma değeri 11,04-14,36 aralığında belirlenmiş, bu değerlerin partikül büyüklük dağılımı, bileşim, konçlama süresi ve sıcaklığı, temperleme koşulları, ambalajlama ve depolama koşullarına bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir (Aguilera ve ark. 2004, Afoakwa ve ark. 2008a, Mexis ve ark. 2010). Ayrıca renk değişiminin, çikolata türü bazında değişiklik göstermektedir (Aguilera ve ark. 2004). Gıdalarda renk, tüketicilerin kalite ve tazelik algısı üzerinde etkili olan ve ürün albenisini belirleyen en önemli faktörlerdendir. İşlenmiş gıdalarda renklendiriciler, gıdaların maruz kaldıkları çeşitli prosesler neticesinde kaybolan renklerinin tekrar yerine getirilmesi için kullanılabilmektedir. Artan tüketici talepleri ve buna paralel olarak uygulamaya sokulan kanuni düzenlemeler sonucunda gıdalarda sentetik renklendiriciler yerine doğal renklendiricilerin kullanılması yönünde artan bir talep oluşturmaktadır. Doğal renklendiriciler, gıdalarda renklendirme özelliklerinin yanı sıra fonksiyonel özelliklerde göstermektedirler. Örneğin, karetenoidler antioksidan özelliğe sahip moleküller olduğundan renk verici madde olmalarının yanı sıra insan sağlığı üzerinde de oldukça faydalı etkiye sahiptirler. Şekerli mamullerde doğal renklendiricilerin kullanımına

dair ise yine oldukça kısıtlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Artamonova ve ark. (2017), bazı doğal antosiyanin kaynaklarının doğal renklendirici olarak kullanım olanaklarını araştırdıkları çalışmada ayrıca renk stabilitesini de kısa dönemli (30 gün) olarak incelemişlerdir. Çalışma kapsamındaki *Nannochloropsis oculata*'nın çikolata ve türevi ürünlerin bileşiminde kullanımına dair bir çalışma veya patent ile karşılaşılmamıştır. Ayrıca bu beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz kremada, farklı konsantrasyonlardaki mikroalg ilavesinin ve depolama süresine bağlı stabilitenin incelendiği herhangi bir çalışma ile de karşılaşılmamıştır. Yalnızca bir başka mikroalg türünün (*Spirulina plantesis*) marshmallow bileşiminde kullanıldığı iki çalışma tespit edilebilmiştir (Kinandari 2013, Kuniawan ve ark. 2016). Ancak, son yıllarda endüstriyel ve bilimsel literatür incelendiğinde bazı alg türlerinin gıdalarda renklendirici olarak kullanılabileceği görülmektedir.

Mikroalglerin gıda matriksinde kullanımına dair çalışmalara son yıllarda rastlanılmaktadır. Yakın tarihli bir çalışmada (Palabiyik ve ark. 2017), sakız bileşiminde 0,5 ve 1,0 g/100g düzeyinde *Isochrysis galbana* ve *Nannochloropsis oculata* kullanımının elde edilen örneklerin tekstür profili, renk ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yine Barkallah ve ark. (2017) 0,25; 0,50; 0,75 ve 1,0 g/100g düzeylerinde *Spirulina platensis* ilavesi ile elde ettikleri yoğurt örneklerinde fizikokimyasal, tekstürel, duyuşal özellikler ile antioksidan aktiviteyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 0,25 g/100g düzeyinde kullanımın başta renk özellikleri ve stabilitesi olmak üzere kalite niteliklerini olumlu etkilediği bildirilmiştir. Mikroalg kullanımı ile fonksiyonel yoğurt geliştirmeye yönelik bir başka çalışma ise Robertson ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise *Paulova lutheri* türü mikroalge ait lipid ekstraktları 0,25 ve 0,50 g/100g düzeylerinde kullanılmıştır. Garcia-Segovia ve ark. (2017), buğday ekmeği üretiminde dört farklı mikroalg türünü (*Isochrysis galbana*, *Tetraselmis suecica*, *Scenedesmus almeriensis* ve *Nannochloropsis gaditana*) son üründe 0,40 g/100 g seviyesinde ilave etmişlerdir. Elde edilen ekmek örneklerinde renk özellikleri, tekstür profili ve porozite incelenmiştir. Bir başka çalışmada ise Fradique ve ark. (2013) makarna bileşiminde çoklu doymamış yağ asitlerinin kaynağı olarak *Isochrysis galbana* ve *Diacronema vlkianum* kullandıkları çalışmada 0,50; 1,00 ve 2,00 g/100g düzeyinde mikroalg kullanmışlardır. Bu çalışmada ise mikroalg kaynaklarından mevcut ticari renklendiricilere alternatif bir doğal renklendirici geliştirilmesi hedeflendiği için, ön-çalışmalar ve muadillerin kullanım düzeyleri dikkate alınarak çalışma aralıkları belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Beyaz ikolata ve beyaz sürülebilir beyaz krema örneklerinin hazırlanmasında eker (Türkiye eker Fabrikası, Eskişehir, Türkiye), kakao yağı (Altınmarka, İstanbul, Türkiye), palm çekirdeğı yağı (AAK, Danimarka), tam yağlı süt tozu (Enka, Konya, Türkiye), yağsız süt tozu (Enka, Konya, Türkiye), demineralize peynir altı suyu tozu (Enka, Konya, Türkiye), ayçiçek lecitini (Sonalec, Hollanda), poligliserol polirisinolat (PGPR) (Palsgaard, Zierikzee, Hollanda) ve vanilin (Mane, Fransa) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. rnek Hazırlama

Ege Üniversitesi Su rnleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümünden temin edilen püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş *Nannochloropsis oculata* biyoktlelerini içeren örneklerin elde edilmesinde kullanılan ürün bileşimleri izelge 3.1, 3.2 ve 3.3’de yer almaktadır. Tübüler fotobiyoreaktör tekniğı ile üretilen mikroalg biyokütleleri püskürtmeli kurutucu (B290, Buchi, Fluwil, İsviçre) yöntemi ile kurutulmuştur. Bu amaçla, püskürtme gaz basıncı, örnek akış hızı ve atomizasyon basıncı için sırasıyla 6 bar, 1,40 mL/dk ve -65 mbar kullanılmıştır. Püskürtmeli kurutucu çıkış sıcaklığı için ise 180°C uygulanmış olup, çıkış sıcaklığı 95°C olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kurutulmuş mikroalgler, hava, ışıktan korunarak kilitli ambalajlarda 23±2°C’de muhafaza edilmişlerdir. Tüm örneklerde nem tayini ve pigment tayini gerçekleştirilmiştir. Mikroalglerin kurutulmasına yönelik ön denemeler, farklı proses koşulları kullanılarak yürütülerek belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen örneklerin gıda maddesi olarak tüketim uygunluğı dikkate alınarak, *N. oculata* kültüründe kontaminasyon olmaması için saf kültürden itibaren sterilizasyon kurallarına uyulmuştur. Bunun için kullanılan su ve kapların hepsi otoklav kullanılarak 121°C/20 dakikada steril edilmiştir. Tübüler fotobiyoreaktör ise asit ile dezenfekte edildikten sonra steril deniz suyu kullanılmıştır. Kapalı bir fotobiyoreaktör kullanıldığından dolayı hava ile temas kesilmiştir. Mikroalgal biyomas sürekli işlem yapan seperatör ile ayrılmıştır. Elde edilen biyomas steril edilen kaplarda kurutulana kadar hava ile teması kesilerek depolanmıştır.

Enkapsüle *Nannochloropsis oculata* örneklerinin hazırlanmasında ise Cam ve ark. (2014) tarafından kullanılan yöntem, değişiklikler gerçekleştirilerek uygulanmıştır. Bu amaçla, hasat edilen ve algal biyokütleyle maltodekstrin (12-16 DE, Syral Company (Marckolsheim, Fransa) oda sıcaklığında ilave edilmiş (alg:maltodekstrin, 1:1), daha sonra Ultra-Turrax homojenizatör (Model T18, Staufen, Almanya) kullanılarak 10.000 rpm hızla 10 dakika sürekli karıştırma uygulanmıştır. Elde edilen karışımın püskürtmeli kurutucu (B290, Buchi, Fluwil, İsviçre) ve yukarıda belirtilen yöntemin kullanılması kurutulması sonucu enkapsülasyon tamamlanmıştır. Enkapsüle mikroalgler hava, ışıktan korunarak kilitli ambalajlarda $23\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmişlerdir.

Kurutma sonrası karakterizasyon için mikroalg örneklerinin pigment miktarı (klorofil-a) ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri Durmaz ve ark. (2009) tarafından kullanılan yöntemler ile belirlenmiştir. Örneklerin klorofil-a düzeyi $3398 \pm 94,3\mu\text{g/g}$ olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kurutulmuş *N. oculata*, ham protein, ham yağ ve rutubet değerleri ise sırasıyla $43,4 \pm 4,21 \text{ g/100 g}$, $12,7 \pm 2,33 \text{ g/100 g}$ ve $6,02 \pm 0,51 \text{ g/100 g}$ olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1. Beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema örneklerine ait formülasyonlar

Hammaddeler	Sürülebilir beyaz krema (g/100g)	Beyaz çikolata (g/100g)
Şeker	42	41,6
Kakao yağı	-	30
Hidrojene palm çekirdek yağı	30	-
Tam yağlı süttozu	-	13,5
Yağsız süttozu	15,6	7,5
Demineralize peyniraltı suyu tozu	12	7
Lesitin	0,2	0,3
Poligliserol Polirisinolat (PGPR)	0,15	0,1
Vanilya	0,04	-
Kurutulmuş Mikroalg	0-0,75*	0-0,75*

*: g kurutulmuş mikroalg (*Nannochloropsis oculata*)/100g çikolata kitlesi.

Çizelge 3.2. Kurutulmuş ve enkapsüle *Nannochloropsis oculata* içeren beyaz çikolata örneklerinin kodlanması

Örnek Kodları	Kurutulmuş <i>N. oculata</i> *	Enkapsüle <i>N. oculata</i> *
D.1.0	0	-
D.1.1	0,125	-
D.1.2	0,250	-
D.1.3	0,500	-
D.1.4	0,750	-
D.2.0	-	0
D.2.1	-	0,125
D.2.2	-	0,250
D.2.3	-	0,500
D.2.4	-	0,750

*: g mikroalg/100g çikolata kitlesi.

Çizelge 3.3. Kurutulmuş ve enkapsüle *Nannochloropsis oculata* içeren sürülebilir beyaz krema örneklerinin kodlanması

Örnek Kodları	Kurutulmuş <i>N. oculata</i> *	Enkapsüle <i>N. oculata</i> *
D.3.0	0	-
D.3.1	0,125	-
D.3.2	0,250	-
D.3.3	0,500	-
D.3.4	0,750	-
D.4.0	-	0
D.4.1	-	0,125
D.4.2	-	0,250
D.4.3	-	0,500
D.4.4	-	0,750

*: g mikroalg/100g çikolata kitlesi.

Sürülebilir beyaz krema üretimleri, bilyalı değirmen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneklerinde ön denemeler yapılarak en uygun inceltici devir hızı (rpm değeri) belirlenerek üretimler gerçekleştirilmiştir. Yağ haricindeki kısım, homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra bilyalı değirmene koyulmuştur ve üzerine yağın tamamı ilave edilerek 40 dakika 50 rpm’de karıştırılmıştır. Daha sonra da lesitin ve PGPR ilave edilerek ürün istenilen partikül boyutuna (25 µm) kadar inceltilmiştir. Sürülebilir beyaz krema üretimleri 5 kg’lık üretimler halinde gerçekleştirilmiştir.

Beyaz ikolata örnekleri ise, Konar (2013) tarafından kullanılan yöntem ve ekipman ve izelge 3.1’de yeralan bileşim, konçlama sıcaklığı 60°C ve konçlama süresi 6 saat olarak uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

Beyaz ikolata örneklerinde kurutulmuş mikroalgler konçlamanın son 15 dakikalık periyodun başlangıcında; sürülebilir beyaz kremada ise son 5 dakikalık periyodun başlangıcında ilave edilmiştir.

Çikolata örneklerinde kullanılan mikroalg düzeyleri ve proses, n çalışmaları sırasında gerçekleştirilen ön denemeler ile belirlenmiştir. Bu n denemelere ait örnekler, şekil 3.1’de yer almaktadır.



şekil 3.1. Püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş farklı düzeylerde *Nannochloropsis oculata* mikroalg türü kullanılarak gerçekleştirilen ön denemeler

3.2.2. Renk zelliklerinin Belirlenmesi

Örneklerin renk değerleri kolorimetre cihazı (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japonya) ile belirlenmiştir. Örneklerin *L* (parlaklık), *a* ($\pm$ kırmızı-yeşil) ve *b* ($\pm$ sarı-mavi) değerleri ölçülmüş ve bu değerler kullanılarak Periche ve ark. (2015)'nın kullandıkları denklemler ile çikolata ürünlerine ait kroma (*C**), hue (*h**), beyazlık indeksi (WI) değerleri belirlenmiştir.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h^* = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$WI = 100 - \left[(100 - L)^2 + a^2 + b^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

3.2.3. Renk Stabilitesinin Belirlenmesi

Örnekler, hazırlanmalarını takip eden gün, ambalajlanmadan raf ömrü kabine alınarak, şekerleme örnekleri için hızlandırılmış raf ömrü testi koşulları esas alınıp 25°C'de %70 RH'de bekletilmiştir (Subramaniam 2007). 7 günlük periyotlarla, kolorimetre cihazı (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japonya) ile örneklerin L^* (parlaklık), a^* ($\pm$ kırmızı-yeşil) ve b^* ($\pm$ sarı-mavi) değerleri ölçülmüş ve bu değerler kullanılarak ΔE^* değerleri belirlenmiştir (Eşitlik 4). ΔL^* , Δa^* ve Δb^* değerleri, ilk ölçüm esas alınarak hesaplanmıştır;

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4)$$

3.2.4. Tekstür Analizi

Örneklerin penetrasyon tekniği ile sertlik değerleri TA (Texture analyzer) cihazı ve Konar (2013) ile Farzanmehr ve Abbasi (2009) tarafından kullanılan yöntem ile belirlenmiştir.

3.2.5. Su Aktivitesi Tayini

Örneklerinin su aktivitesi değerleri, Konar (2013) tarafından uygulanan metod ile belirlenmiştir.

3.2.6. Nem Tayini

Örnekler, plastik rende ile rendelenmiş ve homojen hale getirilmiştir. Rendelenmiş beyaz çikolata örnekleri ve sürülebilir beyaz krema örnekleri etüvde kurutulmuş ve sabit tartıma getirilmiş petri kaplarına numaralandırılarak hassas terazide 2-5 g arasında 2 paralel olarak tartılmıştır. Örnekler 105 $\pm$ 2°C'ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma gelinceye kadar yaklaşık 6 saat kurutulmuştur (Cemeroğlu 2007). Desikatörde soğutulan örneklerin kurutma sonrası tartımları yapılmış ve nem miktarları (g/100g) hesaplanmıştır.

3.2.7.Reolojik Analiz

Örneklerinin reolojik özellikleri, 40°C’de belirlenmiştir. Kesme hızına (shear rate) karşılık kayma basıncı değerleri elde edilen beyaz çikolata örneklerinin reolojik özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen kesme hızına karşılık kayma basınç değerleri kullanılarak, Casson modeli ile çikolata örneklerinde kayma eşik değeri (yield stress) ve plastik viskozite parametreleri hesaplanmıştır (Konar 2013).

3.2.8. Sürülebilir Beyaz Krema Viskoelastik Özelliklerinin Belirlenmesi

Sürülebilir beyaz krema örneklerinin steady shear reolojik özelliklerinin belirlenmesi için strain<stress kontrollü (Anton Paar, MRC 302, Avusturya) peltier sıcaklık kontrol ünitesi içeren reometre (Anton Paar, MRC 302, Avusturya) kullanılmıştır. Ölçümler paralel plate konfigürasyonu (plate çapı 35 mm, aç 4°, gap boyutu 0,5 mm.) kullanılarak, 0,1-100 s⁻¹ shear rate aralığında sabit sıcaklıkta yürütülmüştür. 1 ml. sürülebilir beyaz krema örneği platelerin arasına yerleştirilerek ölçüme başlanmıştır. Shear uygulamasında toplam 30 veri noktası 10 saniye aralıkla kaydedilmiştir. Her ölçüm üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Shear stresse karşı shear rate grafiği shear rate arttırarak oluşturulmuştur. Elde edilen veriler Ostwald de Waele modeli ve yazılım (Toolmaster™, Graz, Avusturya) kullanılarak modellenmesi sonucu konsistensi sabiti (K) ve akış davranış indeksi (n) değerleri, sürülebilir beyaz krema shear indüklenmiş davranışı olarak aşağıdaki denklem (Denklem 5) kullanımı ile belirlenmiştir;

$$\delta = \gamma^n \cdot K \quad (5)$$

δ shear stress (Pa), γ shear rate (s⁻¹), K konsistensi sabiti (Pa.sⁿ) ve n akış davranış indeksidir (birimsiz).

3.2.9. Mikroyapısal Özellikleri

Örneklerin mikroyapısal özellikleri, Biswas ve ark. (2017) tarafından kullanılan yöntem ve dijital görüntüleme sistemi ve polarize ışık mikroskopu kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.10. Duyusal Analizler

Örneklerin görünüm, tekstür, ağızda erime, koku, tat ve genel beğeni düzeyleri, “Çoklu Kıyaslama Tekniği” ile incelenmiştir (Shah ve ark. 2010). Çikolata teknolojisi alanında uzman 8 adet panelist (6 kadın 2 erkek, 25-40 yaş aralığı) tarafından, 1-5 arası puanlama (çok kötü-çok iyi) skalası kullanılarak analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Panelistlere duyuşal değerdendirme öncesinde örneklere değerdendirmeleri istenen duyuşal özellikler ve puanlarının tanımları hakkında kısa bilgi verilmiştir. Panelistlerden yaptıkları duyuşal analizde 3 haneli rastgele sayılarla kodlanmış ilgili örneklere olduğu Panel Değerdendirme Formunu kullanmışlardır.

3.2.11. Pigment Tayini

Klorofil-a spektrofotometrik yöntemere göre aşağıda belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir; 5 mg kurutulmuş örnek alınarak 5 mL metanol (Merck %100, Almanya) ile muamele edildikten sonra, hücreler Ika (Ultra Turrax T25) marka homojenizatör ile 5 dakika süre ile homojenize edilmiş ve daha sonra 10 dakika 70°C’deki ultrasonik (Sonorex Super Rk 100H, Almanya) banyoda bekletilmiştir. Elde edilen ekstrakt madde, 3500 rpm’de santrifüj (Elektro mag M 615 P) ile ayrıldıktan sonra örneklere spektrofotometrede (Boeco, S-20 VIS, İngiltere) 475 nm ve 666 nm dalga boylarında okunarak aşağıda verilen denklemler (Denklem 6) ile toplam karoten ve klorofil-a miktarları tespit edilmiştir.

$$\text{Klorofil-a(mg/g)} = 13,9 \times A_{666} \quad (6)$$

A_{666} 666 nm okunan absorbands değeriştir (Durmaz ve ark. 2017).

3.2.12. İstatistiksel Analiz

Denemeler sonucunda toplanan veriler Windows tabanlı SPSS 17.0.1 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) istatistik paket programı kullanılarak gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı tek yönlü ANOVA Tukey testi ile uygulanarak belirlenmiştir ($P<0,05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Renk Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliğinde (Anonim 2017a), çikolatanın kendine has renkte olması ve ayrıca çikolata ve süt yağını taklit eden aromaların kullanılamayacağına yönelik hükümler bulunmaktadır. Bu nedenle, özellikle çikolatada kakao orijinli bileşenler kaynaklı renk özelliklerinin başka bileşenler kullanılarak taşıyışe uğratılmasına yönelik bir tedbir olarak yorumlanabilir. Ancak, bu ürünlerin bileşiminde biyoaktif bileşenlerin kullanımına ve yine kakao ile çikolataya özgü rengin dışındaki renklerin kaynağı olabilecek pigmentlerin kullanımlarının kısıtlanmasına yönelik herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. Dolayısı ile kurutulmuş ve/veya enkapsüle edilmiş, biyoaktif ve pigment(ler) için kaynak niteliği taşıyan, ayrıca gıda olarak tüketimi mümkün olan bileşenlerin kullanımı önünde yasal bir engel bulunmadığı belirtilebilir.

Bu çalışma kapsamında farklı yöntemler ile hazırlanan *N. oculata* kullanımı sonucu elde edilen örneklerde, parlaklık (L^*), kırmızı-yeşil renk değeri (a^*), sarı-mavi renk değeri b^* , kroma (C^*), hue açısı (h°) ve beyazlık indeksi (WI), CIE-Lab tekniği kullanılarak incelenmiştir (Çizelge 4.1-4.8). Gıdaların rengi tüketicilere olumlu veya olumsuz yönde etki gösterebilmektedir. Parlaklık, pürüzlülük, sis, saydamlık ve renk gibi birçok görsel nitelik çikolatanın görünümünü tanımlamak için kullanılabilir (Aidoo ve ark. 2014). Çikolata ve türevi ürünlerde parlaklık, ürün görsel kalitesi için önem taşıyan bir faktör olup, tüketici kabul ve beğeni düzeyi yüksek olan ürünler yeknesak bir parlaklıkta yüzeye sahip ürünlerdir. (Afoakwa 2010, Konar 2013). Örnek grupları esas alındığında, parlaklık özelliğinin belirlenmesi için kullanılan L^* değerinin kurutulmuş *N. oculata* içeren beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema örnekleri için sırasıyla 75,44-61,60 ile 57,07-47,32 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Tüm deneme grupları için kontrol örneklerinde ise L^* değerleri yine sırasıyla 83,29-59,35 olarak tespit edilmiştir. Enkapsüle *N. oculata* kullanımı ile ise beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema parlaklık değerleri sırasıyla 75,56-61,79 ile 59,48-47,22 aralıklarında değişime sahip olmuştur. Bu sonuçlar dikkate alındığında, *N. oculata*'nın doğrudan kurutulmuş kullanımı ile enkapsülasyon uygulaması sonrası kullanımının L^* değerleri üzerinde önemli bir etki ve değişime neden olmadığı belirtilebilir.

a^* (kırmızı-yeşil) değerleri, *N. oculata*'nın bileşiminde yer alan pigmentlerin renklendirme özellikleri dikkate alındığında özellikle öne çıkmaktadır. Kontrol örneklerinden

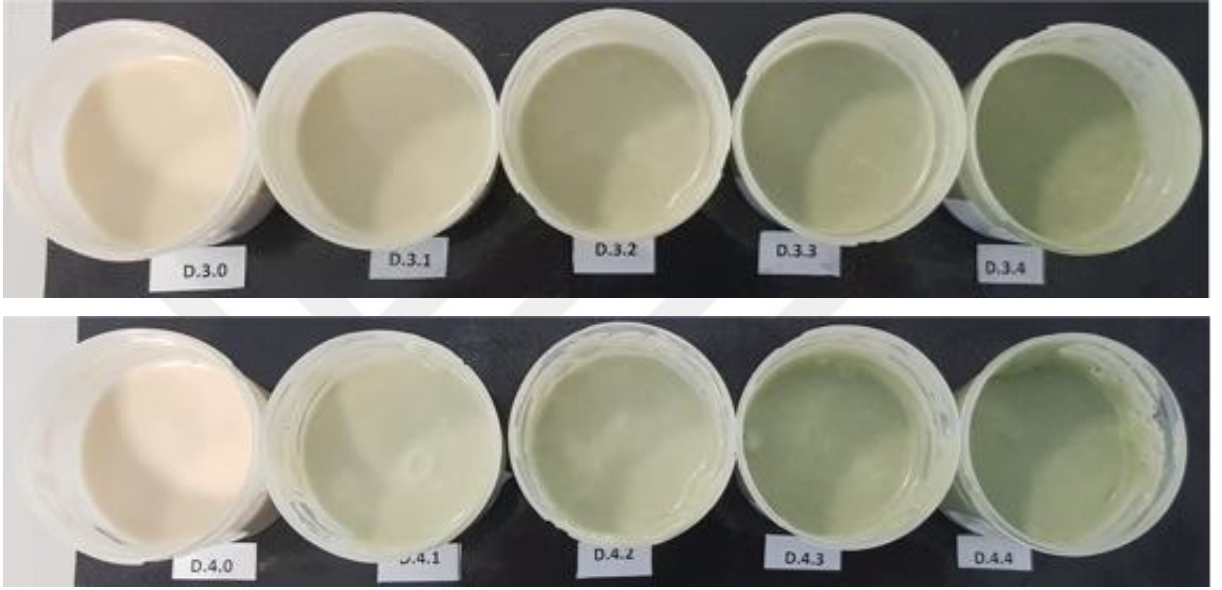
beyaz sürülebilir beyaz krema $[(-1,77)-(-1,65)]$ ve beyaz çikolata $[(-4,76)-(-4,86)]$ a^* değerleri incelendiğinde, sürülebilir ürünün daha nötr bir renge sahip olduğu belirtilebilir. Bu durum bileşiminde yeralan yağların içermekte olduğu olası renk maddelerinin farklılıkları ve kimyasal özellikleri yanı sıra, deminetalize peyniraltı suyu tozunun varlığının bir sonucu olarak düşünölmüştür.



Şekil 4.1. Beyaz ikolata Örnekleri

Tüm ürün gruplarında, farklı formlardaki mikroalg ilavesinin a^* değerlerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bu değişimin şiddetinin konsantrasyona bağlı olarak önemli farklılığa sahip olduğu görölmektedir ($P<0,05$). Her iki örnek grubunda da kurutulmuş

mikroalg yaklaşık 5 puanlık a^* değeri değişimi ile sonuçlanmış iken, bu değişim düzeyinin enkapsüle formdaki kullanımıyla da yaklaşık olarak geçerli olması dikkat çekici bulunmuştur. a^* değerleri, sürülebilir beyaz krema örneklerinde kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg ilavesi sonucu sırası ile $[(-3,47)-(-5,83)]$ ve $[(-5,23)-(-6,27)]$ aralıklarında olup, bu değerler beyaz çikolata örnekleri için ise yine sırasıyla $[(-6,89)-(-9,38)]$ ve $[(-7,71)-(-9,37)]$ aralıklarında değişim göstermiştir.



Şekil 4.2. Sürülebilir Beyaz Krema Örnekleri

b^* (sarı-mavi) değerleri, gerek sürülebilir beyaz krema gerekse de beyaz çikolata örneklerinde sarı renk koordinatlarında yer almıştır. Beyaz çikolata (26,77) örnekleri için b^* değerinin sürülebilir beyaz kremaya (13,81) göre daha yüksek olması dikkat çekici bir bulgu olarak belirtilebilir. Ancak her iki ürün grubunda da kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg ilavesi birlikte düşüş söz konusu olmuştur. Bu düşüş, tüm örnekleri için mikroalg konsantrasyonundan önemli düzeyde etkilenmiştir ($P < 0,05$). Ancak bu etki beyaz çikolata örneklerinde çok daha yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Bir başka önemli bulgu olarak ise kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg kullanımının her iki ürün grubunda da oldukça yakın düzeylerde b^* değerinde değişime neden olmasıdır. Kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg ilave edilen beyaz çikolata örneklerinde b^* değerleri sırası ile 16,84-22,19 ve 15,89-21,7 aralıklarında değişim gösterirken, bu değerler sürülebilir beyaz krema için yine sırasıyla 10,83-12,58 ve 10,97-12,53 aralıklarında belirlenmiştir.

Gıda maddelerinin renk özelliklerinin karakterizasyonunda renk ton ve doygunluğunun tanımlanması için, L^* , a^* ve b^* ölçümlerine dayanarak hesaplanan kroma (C^*) ve hue açısı (h°) değerleri yaygın olarak kullanılmaktadır. a^* ve b^* değerleri, piyasada doğrudan alıcı ve satıcı tarafından algılanan renk olguları olmadığı için bu değerlerden insanların renk algısına hitap eden hue açısı ve kroma değerleri hesaplanmaktadır (McGuire 2002). h° , b^* ve a^* değerleri arasındaki oransal ilişki esaslı hesaplanmaktadır. Bu değer, renk özelliklerinin tanımlanması yanı sıra, b^* ve a^* değerlerindeki değişimin oransal uyumluluğu açısından fikir verici olabileceği düşünülebilir. Sürülebilir beyaz krema (-1,45) ve beyaz çikolata (-1,39) örneklerine farklı formlarda mikroalg ilave edilmesi, her iki ürün grubunda da h° değerlerinde yükselmeye neden olmuştur. Bu yükselmenin dar bir aralıkta gerçekleşmesi ile birlikte, mikroalg konsantrasyonuna bağlı olarak önem taşıyan bir düzeyde olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ayrıca bu yönlü değişimin, b^* ve a^* değerleri arasındaki ilişkiye dayalı olarak gözönünde tutulması halinde, farklı formlarda mikroalg kullanımı sonucu a^* değerleri üzerindeki etkinin, b^* değerleri üzerindekienden daha şiddetli olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Bir başka dikkat çekici ve önemli sonuç ise enkapsüle ve kurutulmuş mikroalg kullanımı sonucu gerçekleşen h° değişiminin oldukça yakın düzeylerde olması ve benzerlik göstermesidir.

C^* değeri rengin doygunluğunun bir göstergesi olup, belirli bir dalga boyundaki ışığın yansıma miktarı ile ilişkilidir. Örnek grupları incelendiğinde, sürülebilir beyaz kremanın (13,9), beyaz çikolata (27,2) göre daha düşük doygunlukta renge sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, enkapsüle ve kurutulmuş mikroalg ilavesi ile birlikte, her iki örnek grubunda C^* değerlerinin düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Farklı düzeylerde ve formlarda mikroalg ilavesi sonucu beyaz sürülebilir beyaz krema C^* değerleri 12,0-13,6 aralığında değişim göstermiş iken, bu aralık beyaz çikolata için 23,2-18,4 aralığında tespit edilmiştir. Her iki üründe, kullanılan farklı formlardaki mikroalgin konsantrasyonunun, gerçekleşen C^* değeri düşüşünde önemli düzeyde etkili olduğu belirtilebilir ($P<0,05$).

Her ne kadar özellikle yağ çiçeklenmesi (fat bloom) ve şeker çiçeklenmesi (sugar bloom) incelemesi için özellikle kullanılan bir renk parametresi olsa da tüm örneklerin beyazlık indeksi (WI) değerleri de çalışma kapsamına alınmıştır. Her iki ürün grubu da kendine has ve “beyaz” renge sahip olmakla tanımlandığı için, “beyazlık” indekslerinin mikroalg ilavesinden ne yönde etkilendiğini belirlemek amacıyla bu yönde bir karar alınmıştır. Beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema kontrol örneklerinin WI değerleri

sırasıyla 68,1 ve 57,0 olarak belirlenmiş olup, beyaz çikolatanın daha yüksek WI sahibi olduğu tespit edilmiştir. Tüm örnek gruplarında mikroalg ilavesi WI değerlerinde düşüş yönünde değişime neden olmuştur. Diğer renk parametrelerinde olduğu gibi, enkapsüle ve kurutulmuş mikroalg konsantrasyonuna bağlı olarak önemli düzeyde gerçekleşse de bu değişim, özellikle 0,125 g/100 g düzeyinin üzerinde mikroalg kullanımının önemli değişime neden olması dikkat çekici bulunmuştur.

Tüm renk parametreleri esas alındığında, kurutulmuş ve enkapsüle *N. oculata* kullanımının, beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz kremanın L*, a*, b*, C*, h° ve WI değerlerinde düşüşe neden olduğu, hedeflenen renk özelliği (yeşil) için a* ve b* değerlerindeki değişimin olumlu bir değişiklik olarak belirtilebileceği ancak L* değerlerindeki düşüş nedeniyle parlaklıktaki azalmanın olumsuz bir sonuç olarak ifade edilebilir. Yalnızca WI değerlerinde 0,125 g/100g üzeri olmak üzere, kullanılan mikroalg konsantrasyonları renk özelliklerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Ancak, bu etkinin şiddeti dikkate alındığında, aynı konsantrasyonda enkapsüle ve kurutulmuş mikroalg kullanımının birbirine yakın olan düzeylerde değişimle sonuçlanması önemlidir. Çünkü enkapsülasyon yolu ile daha düşük miktarda mikroalg kullanımı sonucu benzer düzeyde renk değişimi elde edilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle, sürülebilir beyaz krema ve beyaz çikolata üretiminde *N. oculata*'nın biyoaktif bileşen ve pigment kaynağı olarak kullanımında bu mikroalg türüne ait biyokütlenin enkapsülasyonu sonrası uygulama avantaj oluşturacaktır.

4.2. Renk Stabilitesi

Gıda maddelerinde pigmentçe zengin bileşenlerin oluşturdukları görsel özelliklerdeki değişimin, tüm raf ömrü boyunca belirli bir stabilite göstermesi önem taşımaktadır. Bu özelliklerdeki olumsuz değişimler, ürünün satış kabiliyeti yanı sıra tüketici beğeni ve algısını da olumsuz etkiler. Bu amaçla hızlandırılmış raf ömrü analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 4.1. Kurutulmuş *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek Kodu	Hafta	L*	a*	b*
D.1.0	Hafta 0	83,29 ± 0,25 ^{a,A}	-4,76 ± 0,21 ^{a,A}	26,77 ± 1,05 ^{a,A}
	Hafta 1	84,38 ± 1,02 ^{a,A}	-4,86 ± 0,19 ^{a,A}	27,07 ± 0,99 ^{a,A}
	Hafta 2	83,29 ± 0,89 ^{a,A}	-4,79 ± 0,26 ^{a,A}	26,96 ± 0,97 ^{a,A}
	Hafta 3	83,60 ± 1,31 ^{a,A}	-4,78 ± 0,30 ^{a,A}	26,88 ± 1,10 ^{a,A}
	Hafta 4	83,87 ± 1,11 ^{a,A}	-4,76 ± 0,18 ^{a,A}	27,04 ± 1,09 ^{a,A}
D.1.1	Hafta 0	75,44 ± 0,98 ^{a,B}	-6,89 ± 0,23 ^{a,B}	22,19 ± 0,95 ^{a,B}
	Hafta 1	74,06 ± 1,02 ^{a,B}	-6,95 ± 0,27 ^{a,B}	22,49 ± 1,21 ^{a,B}
	Hafta 2	74,52 ± 0,69 ^{a,B}	-7,05 ± 0,31 ^{a,B}	22,65 ± 1,07 ^{a,B}
	Hafta 3	74,65 ± 0,97 ^{a,B}	-7,09 ± 0,29 ^{a,B}	22,83 ± 0,95 ^{a,B}
	Hafta 4	74,88 ± 1,10 ^{a,B}	-6,77 ± 0,25 ^{a,B}	21,69 ± 1,15 ^{a,B}
D.1.2	Hafta 0	71,73 ± 1,20 ^{a,C}	-7,84 ± 0,45 ^{a,BC}	20,70 ± 0,79 ^{a,B}
	Hafta 1	72,01 ± 0,67 ^{a,B}	-7,84 ± 0,41 ^{a,BC}	20,88 ± 0,95 ^{a,BC}
	Hafta 2	71,61 ± 0,77 ^{a,C}	-7,86 ± 0,39 ^{a,B}	20,76 ± 1,10 ^{a,BC}
	Hafta 3	72,08 ± 1,01 ^{a,B}	-7,82 ± 0,35 ^{a,B}	20,90 ± 0,91 ^{a,BC}
	Hafta 4	72,35 ± 0,88 ^{a,B}	-7,75 ± 0,42 ^{a,BC}	20,53 ± 1,09 ^{a,BC}
D.1.3	Hafta 0	67,50 ± 0,79 ^{a,D}	-8,63 ± 0,29 ^{a,CD}	18,06 ± 0,79 ^{a,C}
	Hafta 1	67,12 ± 0,91 ^{a,C}	-8,96 ± 0,34 ^{a,CD}	18,78 ± 0,91 ^{a,CD}
	Hafta 2	66,49 ± 0,98 ^{a,D}	-9,02 ± 0,41 ^{a,C}	18,88 ± 0,98 ^{a,CD}
	Hafta 3	66,89 ± 1,05 ^{a,C}	-9,07 ± 0,52 ^{a,C}	18,97 ± 1,05 ^{a,CD}
	Hafta 4	66,13 ± 1,10 ^{a,C}	-8,70 ± 0,31 ^{a,CD}	18,15 ± 1,12 ^{a,CD}
D.1.4	Hafta 0	62,89 ± 0,59 ^{a,E}	-9,38 ± 0,81 ^{a,D}	16,84 ± 0,88 ^{a,C}
	Hafta 1	61,60 ± 0,76 ^{a,D}	-9,26 ± 0,79 ^{a,D}	17,02 ± 0,91 ^{a,D}
	Hafta 2	62,18 ± 0,98 ^{a,E}	-9,25 ± 0,47 ^{a,C}	17,06 ± 0,95 ^{a,D}
	Hafta 3	62,15 ± 1,05 ^{a,D}	-9,37 ± 0,67 ^{a,C}	17,12 ± 0,89 ^{a,D}
	Hafta 4	62,95 ± 1,10 ^{a,D}	-9,39 ± 0,71 ^{a,D}	16,85 ± 0,97 ^{a,D}

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı ,farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kurutulmuş *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek Kodu	Hafta	C*	h°	WI	ΔE
D.1.0	Hafta 0	27,2 ± 1,21 ^{a,A}	-1,39 ± 0,02 ^{a,E}	68,1 ± 2,22 ^{a,A}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	27,5 ± 0,95 ^{a,A}	-1,39 ± 0,03 ^{a,E}	68,4 ± 2,14 ^{a,A}	1,135 ± 0,013
	Hafta 2	27,4 ± 1,10 ^{a,A}	-1,39 ± 0,01 ^{a,E}	67,9 ± 1,95 ^{a,A}	0,192 ± 0,004
	Hafta 3	27,3 ± 1,23 ^{a,A}	-1,39 ± 0,00 ^{a,E}	68,2 ± 1,50 ^{a,A}	0,330 ± 0,003
	Hafta 4	27,5 ± 0,79 ^{a,A}	-1,40 ± 0,03 ^{a,E}	68,2 ± 1,29 ^{a,A}	0,640 ± 0,011
D.1.1	Hafta 0	23,2 ± 0,81 ^{a,B}	-1,27 ± 0,01 ^{a,D}	66,2 ± 2,01 ^{a,AB}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	23,5 ± 1,05 ^{a,B}	-1,27 ± 0,01 ^{a,D}	65,0 ± 2,21 ^{a,AB}	1,414 ± 0,021
	Hafta 2	23,7 ± 1,11 ^{a,B}	-1,27 ± 0,01 ^{a,D}	65,2 ± 2,19 ^{a,A}	1,041 ± 0,017
	Hafta 3	23,9 ± 1,21 ^{a,B}	-1,27 ± 0,00 ^{a,D}	65,2 ± 2,40 ^{a,AB}	1,036 ± 0,025
	Hafta 4	22,7 ± 0,91 ^{a,B}	-1,27 ± 0,03 ^{a,D}	66,1 ± 2,35 ^{a,AB}	0,760 ± 0,009
D.1.2	Hafta 0	22,1 ± 0,79 ^{a,BC}	-1,21 ± 0,01 ^{a,C}	64,1 ± 1,56 ^{a,AB}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	22,3 ± 0,89 ^{a,B}	-1,21 ± 0,03 ^{a,C}	64,2 ± 1,67 ^{a,AB}	0,333 ± 0,009
	Hafta 2	22,2 ± 1,14 ^{a,BC}	-1,21 ± 0,00 ^{a,C}	64,0 ± 1,98 ^{a,A}	0,136 ± 0,004
	Hafta 3	22,3 ± 1,09 ^{a,BC}	-1,21 ± 0,00 ^{a,C}	64,3 ± 2,12 ^{a,AB}	0,404 ± 0,011
	Hafta 4	21,9 ± 1,15 ^{a,BV}	-1,21 ± 0,01 ^{a,C}	64,7 ± 2,98 ^{a,AB}	0,649 ± 0,022
D.1.3	Hafta 0	20,0 ± 1,07 ^{a,CD}	-1,13 ± 0,02 ^{a,B}	61,8 ± 1,19 ^{a,BC}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	20,8 ± 1,21 ^{a,BC}	-1,13 ± 0,01 ^{a,B}	61,1 ± 2,12 ^{a,BC}	0,878 ± 0,009
	Hafta 2	20,9 ± 1,02 ^{a,BC}	-1,13 ± 0,01 ^{a,B}	60,5 ± 2,31 ^{a,A}	1,358 ± 0,019
	Hafta 3	21,0 ± 0,81 ^{a,CD}	-1,12 ± 0,02 ^{a,B}	60,8 ± 1,79 ^{a,BC}	1,181 ± 0,025
	Hafta 4	20,1 ± 0,95 ^{a,CD}	-1,12 ± 0,01 ^{a,B}	60,6 ± 1,96 ^{a,BC}	1,375 ± 0,032
D.1.4	Hafta 0	19,3 ± 0,79 ^{a,D}	-1,06 ± 0,02 ^{a,A}	58,2 ± 2,01 ^{a,C}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	19,4 ± 0,93 ^{a,C}	-1,07 ± 0,02 ^{a,A}	57,0 ± 2,15 ^{a,C}	1,308 ± 0,018
	Hafta 2	19,4 ± 1,12 ^{a,C}	-1,07 ± 0,02 ^{a,A}	57,5 ± 1,56 ^{a,A}	0,755 ± 0,008
	Hafta 3	19,5 ± 0,71 ^{a,D}	-1,07 ± 0,01 ^{a,A}	57,4 ± 1,09 ^{a,C}	0,791 ± 0,025
	Hafta 4	19,3 ± 0,99 ^{a,D}	-1,06 ± 0,01 ^{a,A}	58,2 ± 1,23 ^{a,C}	0,062 ± 0,010

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3. Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek Kodu	Hafta	L*	a*	b*
D.2.0	Hafta 0	83,29 ± 1,21 ^{a,A}	-4,76 ± 0,11 ^{a,A}	26,77 ± 0,55 ^{a,A}
	Hafta 1	84,38 ± 0,95 ^{a,A}	-4,86 ± 0,12 ^{a,A}	27,07 ± 0,59 ^{a,A}
	Hafta 2	83,29 ± 1,40 ^{a,A}	-4,79 ± 0,21 ^{a,A}	26,96 ± 0,67 ^{a,A}
	Hafta 3	83,60 ± 1,31 ^{a,A}	-4,78 ± 0,31 ^{a,A}	26,88 ± 0,44 ^{a,A}
	Hafta 4	83,87 ± 0,99 ^{a,A}	-4,76 ± 0,22 ^{a,A}	27,04 ± 0,51 ^{a,A}
D.2.1	Hafta 0	75,56 ± 1,03 ^{a,B}	-7,71 ± 0,09 ^{a,B}	21,67 ± 0,72 ^{a,B}
	Hafta 1	76,03 ± 1,09 ^{a,B}	-7,66 ± 0,29 ^{a,B}	21,62 ± 0,66 ^{a,B}
	Hafta 2	75,24 ± 0,98 ^{a,B}	-7,82 ± 0,31 ^{a,B}	22,21 ± 0,48 ^{a,B}
	Hafta 3	76,10 ± 0,89 ^{a,B}	-7,82 ± 0,18 ^{a,B}	22,10 ± 0,61 ^{a,B}
	Hafta 4	76,94 ± 0,78 ^{a,B}	-7,80 ± 0,19 ^{a,B}	22,18 ± 0,75 ^{a,B}
D.2.2	Hafta 0	71,37 ± 1,11 ^{a,C}	-8,52 ± 0,15 ^{a,C}	19,82 ± 0,25 ^{a,C}
	Hafta 1	71,88 ± 1,23 ^{a,C}	-8,48 ± 0,19 ^{a,C}	19,83 ± 0,33 ^{a,C}
	Hafta 2	72,62 ± 0,99 ^{a,B}	-8,48 ± 0,22 ^{a,C}	19,71 ± 0,41 ^{a,C}
	Hafta 3	72,33 ± 1,00 ^{a,C}	-8,57 ± 0,09 ^{a,C}	20,15 ± 0,35 ^{a,C}
	Hafta 4	72,39 ± 0,95 ^{a,C}	-8,68 ± 0,17 ^{a,C}	20,30 ± 0,61 ^{a,C}
D.2.3	Hafta 0	65,42 ± 0,79 ^{a,D}	-9,23 ± 0,33 ^{a,D}	17,42 ± 0,72 ^{a,D}
	Hafta 1	65,19 ± 1,15 ^{a,D}	-9,26 ± 0,29 ^{a,D}	17,52 ± 0,67 ^{a,D}
	Hafta 2	66,85 ± 1,10 ^{a,C}	-9,39 ± 0,17 ^{a,D}	17,71 ± 0,59 ^{a,D}
	Hafta 3	64,94 ± 0,96 ^{a,D}	-9,39 ± 0,31 ^{a,D}	17,76 ± 0,55 ^{a,D}
	Hafta 4	65,52 ± 1,02 ^{a,D}	-9,03 ± 0,38 ^{a,CD}	17,11 ± 0,62 ^{a,D}
D.2.4	Hafta 0	63,06 ± 0,88 ^{a,D}	-9,37 ± 0,19 ^{a,D}	15,89 ± 0,49 ^{a,D}
	Hafta 1	62,15 ± 1,02 ^{a,E}	-9,49 ± 0,33 ^{a,D}	16,25 ± 0,57 ^{a,D}
	Hafta 2	61,79 ± 1,07 ^{a,D}	-9,66 ± 0,27 ^{a,D}	16,94 ± 0,59 ^{a,D}
	Hafta 3	61,80 ± 0,91 ^{a,E}	-9,64 ± 0,26 ^{a,D}	16,81 ± 0,73 ^{a,D}
	Hafta 4	62,03 ± 0,89 ^{a,E}	-9,54 ± 0,18 ^{a,D}	16,79 ± 0,57 ^{a,D}

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4. Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek Kodu	Hafta	C*	h°	WI	ΔE
D.2.0	Hafta 0	27,2 ± 1,19 ^{a,A}	-1,39 ± 0,01 ^{a,E}	68,1 ± 1,32 ^{a,A}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	27,5 ± 0,67 ^{a,A}	-1,39 ± 0,00 ^{a,E}	68,4 ± 2,03 ^{a,A}	1,135 ± 0,025
	Hafta 2	27,4 ± 1,23 ^{a,A}	-1,39 ± 0,02 ^{a,D}	67,9 ± 2,21 ^{a,A}	0,192 ± 0,008
	Hafta 3	27,3 ± 1,09 ^{a,A}	-1,39 ± 0,02 ^{a,D}	68,2 ± 2,11 ^{a,A}	0,330 ± 0,007
	Hafta 4	27,5 ± 1,56 ^{a,A}	-1,40 ± 0,01 ^{a,E}	68,2 ± 2,14 ^{a,A}	0,640 ± 0,015
D.2.1	Hafta 0	23,0 ± 1,09 ^{a,B}	-1,23 ± 0,00 ^{a,D}	66,4 ± 2,13 ^{a,A}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	22,9 ± 0,98 ^{a,B}	-1,23 ± 0,01 ^{a,D}	66,8 ± 1,98 ^{a,A}	0,475 ± 0,014
	Hafta 2	23,5 ± 0,59 ^{a,B}	-1,23 ± 0,02 ^{a,C}	65,8 ± 1,69 ^{a,AB}	0,637 ± 0,022
	Hafta 3	23,4 ± 1,21 ^{a,B}	-1,23 ± 0,02 ^{a,C}	66,5 ± 1,67 ^{a,A}	0,699 ± 0,025
	Hafta 4	23,5 ± 1,31 ^{a,B}	-1,23 ± 0,01 ^{a,D}	67,1 ± 2,01 ^{a,A}	1,474 ± 0,035
D.2.2	Hafta 0	21,6 ± 0,99 ^{a,BC}	-1,16 ± 0,01 ^{a,C}	64,2 ± 2,56 ^{a,AB}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	21,6 ± 1,23 ^{a,BC}	-1,17 ± 0,00 ^{a,C}	64,6 ± 2,21 ^{a,AB}	0,512 ± 0,007
	Hafta 2	21,5 ± 0,67 ^{a,BC}	-1,16 ± 0,01 ^{a,B}	65,2 ± 1,79 ^{a,AB}	1,255 ± 0,031
	Hafta 3	21,9 ± 2,30 ^{a,BC}	-1,17 ± 0,01 ^{a,B}	64,7 ± 1,89 ^{a,A}	1,016 ± 0,023
	Hafta 4	22,1 ± 1,56 ^{a,BC}	-1,17 ± 0,01 ^{a,C}	64,6 ± 2,07 ^{a,AB}	1,139 ± 0,018
D.2.3	Hafta 0	19,7 ± 1,93 ^{a,BC}	-1,08 ± 0,00 ^{a,B}	60,2 ± 2,22 ^{a,B}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	19,8 ± 2,06 ^{a,BC}	-1,08 ± 0,01 ^{a,B}	59,9 ± 0,98 ^{a,BC}	0,253 ± 0,005
	Hafta 2	20,0 ± 2,09 ^{a,C}	-1,08 ± 0,02 ^{a,A}	61,3 ± 1,94 ^{a,BC}	1,468 ± 0,013
	Hafta 3	20,1 ± 1,29 ^{a,BC}	-1,08 ± 0,01 ^{a,A}	59,6 ± 1,67 ^{a,B}	0,610 ± 0,010
	Hafta 4	19,3 ± 1,45 ^{a,C}	-1,09 ± 0,01 ^{a,B}	60,5 ± 2,01 ^{a,BC}	0,382 ± 0,009
D.2.4	Hafta 0	18,4 ± 0,98 ^{a,C}	-1,04 ± 0,02 ^{a,A}	58,7 ± 1,97 ^{a,B}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	18,8 ± 0,79 ^{a,C}	-1,04 ± 0,01 ^{a,A}	57,7 ± 2,05 ^{a,C}	0,986 ± 0,011
	Hafta 2	19,5 ± 0,99 ^{a,C}	-1,05 ± 0,02 ^{a,A}	57,1 ± 2,31 ^{a,C}	1,673 ± 0,024
	Hafta 3	19,4 ± 0,83 ^{a,C}	-1,05 ± 0,01 ^{a,A}	57,2 ± 1,88 ^{a,B}	1,583 ± 0,032
	Hafta 4	19,3 ± 0,78 ^{a,C}	-1,05 ± 0,01 ^{a,A}	57,4 ± 1,71 ^{a,C}	1,378 ± 0,041

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kurutulmuş *N. oculata* İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek Kodu	Hafta	L*	a*	b*
D.3.0	Hafta 0	59,35 ± 0,71 ^{a,A}	-1,65 ± 0,02 ^{a,A}	13,81 ± 0,21 ^{a,A}
	Hafta 1	58,85 ± 0,67 ^{a,A}	-1,71 ± 0,08 ^{a,A}	13,27 ± 0,31 ^{a,A}
	Hafta 2	58,93 ± 0,55 ^{a,A}	-1,70 ± 0,07 ^{a,A}	13,18 ± 0,19 ^{a,A}
	Hafta 3	58,95 ± 0,56 ^{a,A}	-1,76 ± 0,09 ^{a,A}	13,19 ± 0,25 ^{a,A}
	Hafta 4	59,02 ± 0,81 ^{a,A}	-1,77 ± 0,07 ^{a,A}	13,22 ± 0,30 ^{a,A}
	Hafta 5	58,96 ± 0,49 ^{a,A}	-1,68 ± 0,05 ^{a,A}	13,40 ± 0,16 ^{a,A}
D.3.1	Hafta 0	57,07 ± 0,65 ^{a,B}	-3,47 ± 0,11 ^{a,B}	12,58 ± 0,17 ^{a,B}
	Hafta 1	56,75 ± 0,56 ^{a,B}	-3,37 ± 0,09 ^{a,B}	12,28 ± 0,17 ^{a,B}
	Hafta 2	56,72 ± 0,62 ^{a,B}	-3,39 ± 0,09 ^{a,B}	12,20 ± 0,26 ^{a,B}
	Hafta 3	55,38 ± 0,49 ^{a,B}	-3,45 ± 0,12 ^{a,B}	12,37 ± 0,37 ^{a,B}
	Hafta 4	56,03 ± 0,55 ^{a,B}	-3,42 ± 0,10 ^{a,B}	12,21 ± 0,25 ^{a,B}
	Hafta 5	56,61 ± 0,51 ^{a,B}	-3,43 ± 0,08 ^{a,B}	12,47 ± 0,21 ^{a,B}
D.3.2	Hafta 0	54,04 ± 0,67 ^{a,C}	-4,40 ± 0,07 ^{b,C}	11,80 ± 0,18 ^{a,C}
	Hafta 1	53,50 ± 0,61 ^{a,C}	-4,29 ± 0,10 ^{ab,C}	11,64 ± 0,15 ^{ab,C}
	Hafta 2	52,54 ± 0,64 ^{a,C}	-4,30 ± 0,12 ^{ab,C}	11,32 ± 0,29 ^{ab,C}
	Hafta 3	53,39 ± 0,71 ^{a,C}	-4,06 ± 0,09 ^{a,C}	11,01 ± 0,16 ^{b,C}
	Hafta 4	53,17 ± 0,59 ^{a,C}	-4,24 ± 0,11 ^{ab,C}	11,26 ± 0,21 ^{ab,C}
	Hafta 5	52,96 ± 0,55 ^{a,C}	-4,25 ± 0,12 ^{ab,C}	11,62 ± 0,22 ^{ab,C}
D.3.3	Hafta 0	51,25 ± 0,66 ^{a,D}	-5,38 ± 0,13 ^{a,D}	11,21 ± 0,18 ^{a,D}
	Hafta 1	51,25 ± 0,59 ^{a,D}	-5,36 ± 0,10 ^{a,D}	11,23 ± 0,13 ^{a,C}
	Hafta 2	51,09 ± 0,51 ^{a,C}	-5,37 ± 0,09 ^{a,D}	11,17 ± 0,22 ^{a,C}
	Hafta 3	51,82 ± 0,56 ^{a,D}	-5,22 ± 0,20 ^{a,D}	11,02 ± 0,19 ^{a,C}
	Hafta 4	52,40 ± 0,63 ^{a,C}	-5,52 ± 0,15 ^{a,D}	11,55 ± 0,25 ^{a,CD}
	Hafta 5	51,47 ± 0,77 ^{a,C}	-5,42 ± 0,13 ^{a,D}	11,23 ± 0,21 ^{a,C}
D.3.4	Hafta 0	47,63 ± 0,81 ^{a,E}	-5,83 ± 0,15 ^{a,E}	10,83 ± 0,20 ^{a,D}
	Hafta 1	47,93 ± 0,67 ^{a,E}	-5,69 ± 0,09 ^{a,E}	10,57 ± 0,16 ^{a,D}
	Hafta 2	47,37 ± 1,21 ^{a,D}	-5,71 ± 0,11 ^{a,E}	10,73 ± 0,21 ^{a,C}
	Hafta 3	47,55 ± 0,79 ^{a,E}	-5,84 ± 0,14 ^{a,E}	10,83 ± 0,15 ^{a,C}
	Hafta 4	47,61 ± 1,18 ^{a,D}	-5,68 ± 0,15 ^{a,D}	10,64 ± 0,19 ^{a,D}
	Hafta 5	47,32 ± 0,92 ^{a,D}	-5,64 ± 0,12 ^{a,D}	10,58 ± 0,17 ^{a,D}

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kurutulmuş *N. oculata* İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek Kodu	Hafta	C*	h°	WI	ΔE
D.3.0	Hafta 0	13,9 ± 0,56 ^{a,A}	-1,45 ± 0,01 ^{a,E}	57,0 ± 2,13 ^{a,A}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	13,4 ± 0,45 ^{a,A}	-1,44 ± 0,01 ^{a,E}	56,7 ± 2,51 ^{a,A}	0,738 ± 0,013
	Hafta 2	13,3 ± 0,19 ^{a,A}	-1,44 ± 0,02 ^{a,D}	56,8 ± 3,11 ^{a,A}	0,759 ± 0,009
	Hafta 3	13,3 ± 0,44 ^{a,A}	-1,44 ± 0,01 ^{a,E}	56,8 ± 2,92 ^{a,A}	0,746 ± 0,009
	Hafta 4	13,3 ± 0,19 ^{a,A}	-1,44 ± 0,01 ^{a,E}	56,9 ± 1,70 ^{a,A}	0,687 ± 0,011
	Hafta 5	13,5 ± 0,34 ^{a,A}	-1,45 ± 0,01 ^{a,E}	56,8 ± 2,11 ^{a,A}	0,567 ± 0,014
D.3.1	Hafta 0	13,0 ± 0,41 ^{a,AB}	-1,30 ± 0,01 ^{a,D}	55,1 ± 0,98 ^{a,A}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	12,7 ± 0,20 ^{a,AB}	-1,30 ± 0,02 ^{a,D}	54,9 ± 1,78 ^{a,AB}	0,450 ± 0,007
	Hafta 2	12,7 ± 0,45 ^{a,AB}	-1,30 ± 0,00 ^{a,C}	54,9 ± 0,99 ^{a,AB}	0,523 ± 0,009
	Hafta 3	12,8 ± 0,31 ^{a,AB}	-1,30 ± 0,01 ^{a,D}	53,6 ± 1,56 ^{a,AB}	1,703 ± 0,045
	Hafta 4	12,7 ± 0,24 ^{a,AB}	-1,30 ± 0,01 ^{a,D}	54,2 ± 1,80 ^{a,AB}	1,105 ± 0,013
	Hafta 5	12,9 ± 0,61 ^{a,AB}	-1,30 ± 0,01 ^{a,D}	54,7 ± 1,98 ^{a,AB}	0,475 ± 0,010
D.3.2	Hafta 0	12,6 ± 0,34 ^{a,B}	-1,21 ± 0,01 ^{a,C}	52,3 ± 2,55 ^{a,AB}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	12,4 ± 0,56 ^{a,AB}	-1,22 ± 0,02 ^{a,C}	51,9 ± 1,97 ^{a,ABC}	0,574 ± 0,019
	Hafta 2	12,1 ± 0,51 ^{a,AB}	-1,21 ± 0,02 ^{a,B}	51,0 ± 1,76 ^{a,BC}	1,578 ± 0,054
	Hafta 3	11,7 ± 0,34 ^{a,BC}	-1,22 ± 0,01 ^{a,C}	51,9 ± 2,31 ^{a,ABC}	1,078 ± 0,041
	Hafta 4	12,0 ± 0,33 ^{a,A}	-1,21 ± 0,01 ^{a,C}	51,6 ± 2,54 ^{a,ABC}	1,036 ± 0,035
	Hafta 5	12,4 ± 0,29 ^{a,B}	-1,22 ± 0,01 ^{a,C}	51,4 ± 1,67 ^{a,ABC}	1,105 ± 0,056
D.3.3	Hafta 0	12,4 ± 0,41 ^{a,B}	-1,12 ± 0,01 ^{a,B}	49,7 ± 1,29 ^{a,BC}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	12,4 ± 0,23 ^{a,AB}	-1,13 ± 0,01 ^{a,B}	49,7 ± 1,39 ^{a,BC}	0,028 ± 0,005
	Hafta 2	12,4 ± 0,21 ^{a,B}	-1,12 ± 0,02 ^{a,A}	49,5 ± 2,01 ^{a,BC}	0,165 ± 0,009
	Hafta 3	12,2 ± 0,35 ^{a,BC}	-1,13 ± 0,03 ^{a,B}	50,3 ± 2,22 ^{a,BC}	0,622 ± 0,013
	Hafta 4	12,8 ± 0,29 ^{a,BC}	-1,12 ± 0,01 ^{a,B}	50,7 ± 2,45 ^{a,BC}	1,207 ± 0,043
	Hafta 5	12,5 ± 0,19 ^{a,B}	-1,12 ± 0,00 ^{a,B}	49,9 ± 2,31 ^{a,BC}	0,224 ± 0,009
D.3.4	Hafta 0	12,3 ± 0,41 ^{a,B}	-1,08 ± 0,00 ^{a,A}	46,2 ± 2,33 ^{a,C}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	12,0 ± 0,34 ^{a,B}	-1,08 ± 0,00 ^{a,A}	46,6 ± 2,11 ^{a,C}	0,421 ± 0,014
	Hafta 2	12,2 ± 0,45 ^{a,B}	-1,08 ± 0,01 ^{a,A}	46,0 ± 1,91 ^{a,C}	0,303 ± 0,008
	Hafta 3	12,3 ± 0,29 ^{a,C}	-1,08 ± 0,01 ^{a,A}	46,1 ± 1,92 ^{a,C}	0,081 ± 0,005
	Hafta 4	12,1 ± 0,22 ^{a,C}	-1,08 ± 0,01 ^{a,A}	46,2 ± 1,45 ^{a,C}	0,243 ± 0,010
	Hafta 5	12,0 ± 0,23 ^{a,B}	-1,08 ± 0,02 ^{a,A}	46,0 ± 2,01 ^{a,C}	0,441 ± 0,022

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.7. Enkapsüle *N. oculata* İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek Kodu	Hafta	L*	a*	b*
D.4.0	Hafta 0	59,35 ± 1,56 ^{a,A}	-1,65 ± 0,05 ^{a,A}	13,81 ± 0,35 ^{a,A}
	Hafta 1	58,85 ± 2,01 ^{a,A}	-1,71 ± 0,03 ^{ab,A}	13,27 ± 0,31 ^{a,A}
	Hafta 2	58,93 ± 1,45 ^{a,A}	-1,70 ± 0,03 ^{ab,A}	13,18 ± 0,41 ^{a,A}
	Hafta 3	58,95 ± 1,71 ^{a,A}	-1,76 ± 0,01 ^{b,A}	13,19 ± 0,33 ^{a,A}
	Hafta 4	59,02 ± 1,89 ^{a,A}	-1,77 ± 0,01 ^{b,A}	13,22 ± 0,29 ^{a,A}
	Hafta 5	58,96 ± 1,65 ^{a,A}	-1,68 ± 0,01 ^{a,A}	13,40 ± 0,51 ^{a,A}
D.4.1	Hafta 0	59,45 ± 2,11 ^{a,A}	-5,23 ± 0,03 ^{b,B}	12,53 ± 0,29 ^{a,B}
	Hafta 1	59,48 ± 2,05 ^{a,A}	-5,23 ± 0,02 ^{b,B}	12,58 ± 0,44 ^{a,AB}
	Hafta 2	58,68 ± 2,31 ^{a,A}	-5,17 ± 0,06 ^{b,B}	12,30 ± 0,37 ^{a,AB}
	Hafta 3	58,86 ± 1,75 ^{a,A}	-5,02 ± 0,01 ^{a,B}	11,95 ± 0,49 ^{a,B}
	Hafta 4	58,43 ± 2,05 ^{a,A}	-5,00 ± 0,03 ^{a,B}	11,97 ± 0,19 ^{a,B}
	Hafta 5	58,31 ± 1,91 ^{a,A}	-5,01 ± 0,02 ^{a,B}	12,00 ± 0,21 ^{a,B}
D.4.2	Hafta 0	54,80 ± 2,01 ^{a,AB}	-5,69 ± 0,02 ^{c,C}	12,00 ± 0,22 ^{a,BC}
	Hafta 1	54,66 ± 1,67 ^{a,AB}	-5,51 ± 0,04 ^{a,C}	11,74 ± 0,36 ^{a,BC}
	Hafta 2	54,85 ± 1,69 ^{a,AB}	-5,50 ± 0,07 ^{a,C}	11,71 ± 0,31 ^{a,BC}
	Hafta 3	55,11 ± 1,81 ^{a,AB}	-5,53 ± 0,05 ^{ab,C}	11,68 ± 0,31 ^{a,B}
	Hafta 4	55,53 ± 1,97 ^{a,AB}	-5,52 ± 0,04 ^{ab,C}	11,70 ± 0,41 ^{a,BC}
	Hafta 5	56,65 ± 2,11 ^{a,B}	-5,64 ± 0,03 ^{bc,C}	12,09 ± 0,39 ^{a,B}
D.4.3	Hafta 0	50,43 ± 2,07 ^{a,BC}	-6,26 ± 0,01 ^{c,D}	11,47 ± 0,28 ^{a,CD}
	Hafta 1	51,55 ± 2,11 ^{a,BC}	-6,04 ± 0,05 ^{a,D}	11,05 ± 0,51 ^{a,CD}
	Hafta 2	50,95 ± 2,10 ^{a,BC}	-6,19 ± 0,02 ^{bc,E}	11,32 ± 0,31 ^{a,CD}
	Hafta 3	51,48 ± 1,96 ^{a,BC}	-6,13 ± 0,04 ^{ab,D}	11,10 ± 0,33 ^{a,BC}
	Hafta 4	51,17 ± 1,89 ^{a,BC}	-6,17 ± 0,03 ^{bc,D}	11,16 ± 0,19 ^{a,CD}
	Hafta 5	51,33 ± 2,15 ^{a,B}	-6,18 ± 0,07 ^{bc,D}	11,30 ± 0,41 ^{a,BC}
D.4.4	Hafta 0	47,3 ± 2,19 ^{a,C}	-6,27 ± 0,05 ^{c,D}	10,97 ± 0,30 ^{a,D}
	Hafta 1	47,70 ± 1,56 ^{a,C}	-6,02 ± 0,01 ^{a,D}	10,42 ± 0,35 ^{a,D}
	Hafta 2	47,72 ± 1,68 ^{a,C}	-6,01 ± 0,04 ^{a,D}	10,37 ± 0,41 ^{a,D}
	Hafta 3	47,63 ± 1,91 ^{a,C}	-6,05 ± 0,02 ^{a,D}	10,33 ± 0,34 ^{a,C}
	Hafta 4	47,22 ± 1,49 ^{a,C}	-6,09 ± 0,08 ^{ab,D}	10,42 ± 0,33 ^{a,D}
	Hafta 5	47,47 ± 1,95 ^{a,B}	-6,18 ± 0,01 ^{bc,D}	10,73 ± 0,28 ^{a,C}

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.8. Enkapsüle *N. oculata* İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Renk Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi

Örnek	Süre	C*	h°	WI	ΔE
D.4.0	Hafta 0	13,9 ± 0,23 ^{a,A}	-1,45 ± 0,01 ^{a,E}	57,0 ± 2,62 ^{a,A}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	13,4 ± 0,19 ^{b,A}	-1,44 ± 0,01 ^{a,D}	56,7 ± 3,36 ^{a,AB}	0,738 ± 0,041
	Hafta 2	13,3 ± 0,33 ^{b,A}	-1,44 ± 0,02 ^{a,D}	56,8 ± 4,12 ^{a,AB}	0,759 ± 0,009
	Hafta 3	13,3 ± 0,29 ^{b,A}	-1,44 ± 0,03 ^{a,D}	56,8 ± 3,56 ^{a,A}	0,746 ± 0,036
	Hafta 4	13,3 ± 0,41 ^{b,A}	-1,44 ± 0,01 ^{a,E}	56,9 ± 3,25 ^{a,A}	0,687 ± 0,021
	Hafta 5	13,5 ± 0,24 ^{ab,A}	-1,45 ± 0,00 ^{a,E}	56,8 ± 4,11 ^{a,A}	0,567 ± 0,019
D.4.1	Hafta 0	13,6 ± 0,35 ^{ab,AB}	-1,18 ± 0,01 ^{a,D}	57,2 ± 2,67 ^{a,A}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	13,6 ± 0,21 ^{a,A}	-1,18 ± 0,01 ^{a,C}	57,3 ± 3,15 ^{a,A}	0,058 ± 0,006
	Hafta 2	13,3 ± 0,41 ^{abc,A}	-1,17 ± 0,02 ^{a,C}	56,6 ± 1,56 ^{a,A}	0,806 ± 0,021
	Hafta 3	13,0 ± 0,35 ^{c,AB}	-1,17 ± 0,02 ^{a,C}	56,9 ± 2,43 ^{a,A}	0,854 ± 0,045
	Hafta 4	13,0 ± 0,29 ^{bc,A}	-1,18 ± 0,01 ^{a,D}	56,5 ± 2,33 ^{a,A}	1,186 ± 0,056
	Hafta 5	13,0 ± 0,51 ^{c,A}	-1,18 ± 0,00 ^{a,D}	56,3 ± 2,15 ^{a,A}	1,276 ± 0,067
D.4.2	Hafta 0	13,0 ± 0,45 ^{ab,B}	-1,13 ± 0,01 ^{a,C}	52,9 ± 1,98 ^{a,B}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	12,8 ± 0,34 ^{ab,B}	-1,13 ± 0,02 ^{a,B}	52,8 ± 3,54 ^{a,BC}	0,346 ± 0,034
	Hafta 2	12,7 ± 0,27 ^{ab,A}	-1,13 ± 0,02 ^{a,B}	53,0 ± 3,11 ^{a,BC}	0,350 ± 0,013
	Hafta 3	12,8 ± 0,19 ^{ab,AB}	-1,13 ± 0,02 ^{a,B}	53,3 ± 2,67 ^{a,AB}	0,473 ± 0,024
	Hafta 4	12,6 ± 0,44 ^{b,A}	-1,13 ± 0,01 ^{a,C}	53,7 ± 1,76 ^{a,A}	0,807 ± 0,032
	Hafta 5	13,2 ± 0,23 ^{a,A}	-1,13 ± 0,00 ^{a,C}	54,6 ± 3,09 ^{a,AB}	1,853 ± 0,076
D.4.3	Hafta 0	13,0 ± 0,18 ^{a,B}	-1,07 ± 0,01 ^{a,B}	48,7 ± 2,55 ^{a,C}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	12,5 ± 0,11 ^{ab,B}	-1,07 ± 0,01 ^{a,A}	49,9 ± 2,54 ^{a,CD}	1,216 ± 0,041
	Hafta 2	12,7 ± 0,31 ^{ab,A}	-1,07 ± 0,00 ^{a,A}	49,3 ± 1,76 ^{a,CD}	0,546 ± 0,016
	Hafta 3	12,4 ± 0,41 ^{b,B}	-1,07 ± 0,02 ^{a,A}	49,9 ± 2,02 ^{a,BC}	1,121 ± 0,043
	Hafta 4	12,6 ± 0,31 ^{ab,A}	-1,07 ± 0,01 ^{a,B}	49,5 ± 1,67 ^{a,B}	0,807 ± 0,022
	Hafta 5	12,8 ± 0,34 ^{ab,A}	-1,07 ± 0,01 ^{a,B}	49,7 ± 1,98 ^{a,BC}	0,919 ± 0,024
D.4.4	Hafta 0	12,5 ± 0,21 ^{a,C}	-1,05 ± 0,01 ^{a,A}	45,8 ± 1,22 ^{a,C}	0,000 ± 0,000
	Hafta 1	11,9 ± 0,19 ^{b,C}	-1,05 ± 0,02 ^{a,A}	46,3 ± 1,05 ^{a,D}	0,725 ± 0,014
	Hafta 2	11,8 ± 0,29 ^{b,B}	-1,05 ± 0,01 ^{a,A}	46,4 ± 1,34 ^{a,D}	0,777 ± 0,042
	Hafta 3	12,0 ± 0,17 ^{b,C}	-1,04 ± 0,02 ^{a,A}	46,3 ± 2,01 ^{a,C}	0,753 ± 0,061
	Hafta 4	12,0 ± 0,11 ^{ab,B}	-1,04 ± 0,01 ^{a,A}	45,9 ± 2,52 ^{a,C}	0,584 ± 0,041
	Hafta 5	11,9 ± 0,71 ^{abB}	-1,05 ± 0,01 ^{a,A}	46,0 ± 1,67 ^{a,C}	0,308 ± 0,033

Üstsel küçük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin depolama süresine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Üstsel büyük harfler, aynı depolama süresine sahip örnekler arasında *N. oculata* konsantrasyonuna bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çalışmamızda bu amaçla hızlandırılmış raf ömrü analizi tekniği kullanılarak enkapsüle ve kurutulmuş *N. oculata* mikroalg türünün farklı düzeylerde kullanımı sonrası (0-0,75 g/100g) CIE-Lab tekniği ile periyodik ölçümlerin sonuçları esas alınarak renk stabilitesi incelenmiştir (Çizelge 4.1-4.8). Bu amaçla örnekler, hazırlanmalarını takip eden gün, ambalajlanarak iklimatik kabine alınarak, çikolata örnekleri için hızlandırılmış raf ömrü koşulları olan 25°C'de %70 RH'de (Subramaniam 2007) bekletilmişlerdir. Bu koşullar altında, 1 haftalık (7 gün) süre, 1 aylık normal depolama koşullarındaki süreyi simüle etmektedir. Beyaz sürülebilir beyaz krema örnekleri 5 hafta boyunca 6 ölçüm, beyaz çikolata örnekleri ise, 4 hafta boyunca 5 ölçüm gerçekleştirilerek renk değişimleri izlenmiştir. Her örneğe ait L*, a* ve b* değerleri belirlenmiş ve bu ölçümler esas alınarak h°, C* ve WI değerleri de hesaplanmıştır. Ancak renk stabilitesinin incelenmesinde özellikle ΔE değeri esas alınmaktadır. Bu değer, ilk ölçüm ile son ölçümde belirlenen L*, a* ve b* değerleri arasındaki farklılık esas alınarak tespit edilmektedir. ΔE değerinin 3,0 üzerinde olması, gözle farkedilir nitelikte renk değişimi olarak kabul edilmektedir (Periche ve ark. 2015). Dolayısı ile 3,0'ın altındaki ΔE değeri ölçümleri, ilgili koşullar altında örneğin renk stabilitesine sahip olduğunu ifade etmek için yeterlidir.

Tüm örnek grupları, mikroalg kullanım düzeyleri ve mikroalg formları dikkate alındığında, tüm depolama süreleri boyunca ΔE değerlerinin 1,853'ün altında kaldığı, çoğu örnek grupları için bu düzeyin de altında renk değişiminin söz konusu olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile, ΔE değerleri ve uygulanan hızlandırılmış raf ömrü koşulları dikkate alındığında enkapsüle ve kurutulmuş *N. oculata* türü mikroalg kullanımının sürülebilir beyaz krema ve beyaz çikolatada stabil bir doğal pigment kaynağı olarak kullanım olanağına sahip olduğu belirtilebilir. Ancak her iki mikroalg formu ve örnek türü için, muhafaza süresi ve kullanım düzeyleri ile ΔE değerlerindeki değişim ilişkilendirilememiştir.

0,50 g/100 g kurutulmuş *N. oculata* ile 0,25-0,75 g/100 g enkapsüle *N. oculata* içeren sürülebilir beyaz kremaya ait sırası ile a* ve b* ve a* değerleri dışındaki tüm renk değerlerinin her bir örnek için depolama süresine bağlı olarak önemli değişim göstermediği de belirlenmiştir (P<0,05). Elde edilen veriler ile, *N. oculata*'nın sürülebilir beyaz krema ve beyaz çikolatada stabil bir pigment kaynağı bileşen olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

4.3. Su Aktivitesi

Su aktivitesi, bir gıdanın mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal stabilitesi hakkında bilgi verir. Bu parametre çikolata üretiminde kullanılan hammaddelerin kontrolü ve proses üretim aşamalarının etkilerini belirlemek için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca çikolatada depolama stabilitesini belirleyen ve yağ çiçeklenmesi gelişimini etkileyen önemli bir parametredir. Çikolatanın içerdiği yağ nem alımını zorlaştırır. Bununla birlikte, çikolatalarda amorf şekerlerin varlığı su aktivitesi üzerindeki etkisi nedeni ile dikkate alınmalıdır. Çikolataya eklenen katı faz su aktivitesini azaltılmasına katkı sağlar. Nem hareketinin gerçekleşmesi için itici gücü ortadan kaldırır. Sıvı fazın su aktivitesini azaltır ve eklenen katı sistem ürünün tekstürel sistemini ve tat algısını değiştirir (Beckett 2008).

Çikolata su aktivitesi çoğunlukla 0,4-0,5 arasındadır, ancak kullanılan hammaddeler, malzemelerin yüzey alanı ve partikül büyüklüğü, konçlama süresi ve sıcaklığı gibi faktörler su aktivitesi değerini etkileyebilir. Depolama süreci de gözönünde tutularak su aktivitesi için hedef değer $<0,40$ olarak belirtilebilir (Konar 2013, Shadwell ve ark.2013). Bu çalışmada da tüm örnek grupların su aktivitesi değerleri, örneklerin hazırlanması sonrası ve hızlandırılmış raf ömrü koşulları altında belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Tüm örnek grupları dahil edildiğinde dahi, su aktivitesi değerlerinin 0,184-0,255 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiş olup, kritik olarak tanımlanabilecek düzeyin oldukça altında olduğu belirlenmiştir.

Beyaz çikolata örneklerinde 0,184-0,207 aralığında değişim gösteren nem aktivitesi değerlerinin, kurutulmuş mikroalg içeren örnekler için, aynı düzeyde enkapsüle mikroalg içerenlere göre daha düşük düzeyde olduğu, mikroalg kullanım düzeyine bağlı olarak su aktivitesi değerininin artış gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). Oldukça dar aralıkta gerçekleşen bu artışın, enkapsülasyonu ajanı olarak kullanılan maltodekstrinin varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak, her iki grupta da düşük düzeyde su aktivitesinin söz konusu olması, ürün fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik stabilitesi açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.

Enkapsüle mikroalg kullanımı ile su aktivitesindeki değişim, beyaz sürülebilir beyaz krema için de benzer etkiyi göstermiştir. Bu örnek grubunda 0,215-0,255 aralığındaki değerlerin beyaz çikolataya ait olanlara göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu durum, sürülebilir beyaz krema bileşimindeki özellikle süt tozu ve demineralize peyniraltısu tozu gibi hidrofilik olarak tanımlanabilecek bileşenlerin düzeylerinden

kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak beyaz çikolata örneklerinden farklı olarak mikroalg düzeyleri ile su aktivitesi değerlerinin değişimi arasında ilişki belirlenmemiştir. Enkapsüle mikroalg kullanımının ise, aynı düzeyde kurutulmuş mikroalg kullanımına göre sürülebilir beyaz krema örneklerinde olduğu gibi su aktivitesi değerlerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sonuç olarak, su aktivitesi özelliği üzerinde ürün grubuna göre değişkenlik gösteren mikroalg form ve düzeyinin etkisinin belirlenmesine rağmen, bunun dar aralıkta gerçekleşmesi ve kritik limitlerin oldukça altında değerlerin söz konusu olması olumlu bir bulgu olarak ifade edilebilir

Çizelge 4.9. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata ve Sürülebilir Beyaz Çikolata Örneklerinin Su Aktivitesi, Nem Oranları

Örnek	Su Aktivitesi (aw)	Nem Oranı (g/100 g)
D.1.0	$0,205 \pm 0,001^{cd}$	$0,685 \pm 0,045^c$
D.1.1	$0,184 \pm 0,001^f$	$0,535 \pm 0,005^d$
D.1.2	$0,203 \pm 0,000^e$	$0,575 \pm 0,025^d$
D.1.3	$0,204 \pm 0,000^{de}$	$0,555 \pm 0,045^d$
D.1.4	$0,205 \pm 0,001^{cd}$	$0,690 \pm 0,010^c$
D.2.0	$0,205 \pm 0,001^{cd}$	$0,685 \pm 0,045^c$
D.2.1	$0,206 \pm 0,001^{bc}$	$0,840 \pm 0,00^b$
D.2.2	$0,206 \pm 0,001^{bc}$	$0,885 \pm 0,005^{ab}$
D.2.3	$0,207 \pm 0,000^a$	$0,835 \pm 0,005^b$
D.2.4	$0,207 \pm 0,001^{ab}$	$0,935 \pm 0,005^a$
D.3.0	$0,215 \pm 0,005^F$	$0,965 \pm 0,035^F$
D.3.1	$0,235 \pm 0,001^D$	$1,000 \pm 0,000^F$
D.3.2	$0,224 \pm 0,000^E$	$1,450 \pm 0,050^{CD}$
D.3.3	$0,219 \pm 0,001^F$	$1,190 \pm 0,060^E$
D.3.4	$0,218 \pm 0,000^F$	$1,350 \pm 0,050^D$
D.4.0	$0,219 \pm 0,002^F$	$0,965 \pm 0,015^F$
D.4.1.	$0,255 \pm 0,001^A$	$1,530 \pm 0,000^C$
D.4.2	$0,252 \pm 0,001^{AB}$	$1,730 \pm 0,030^B$
D.4.3	$0,245 \pm 0,000^C$	$1,850 \pm 0,050^A$
D.4.4	$0,247 \pm 0,000^{BC}$	$1,800 \pm 0,000^{AB}$

Üstsel küçük ve büyük harfler, her bir örnek grubunu ilgili parametrenin mikroalg kullanım düzeyine bağlı farklılıkları belirtmektedir ($P<0,05$). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

4.4. Nem Miktarı

Çikolata ve türevi ürünlerde gerek yasal düzenlemeler dikkate alındığında gerekse de raf ömrü boyunca kalite ve gıda güvenliği parametrelerinde stabilite hedeflendiğinde düşük nem miktarlarına ulaşılması önem taşımaktadır. Çikolata ve türevi ürünler için nem üst sınırı 1,5 g/100 g seviyesi olarak kabul edilmektedir (Beckett 2000, Afoakwa 2010). Ancak genel olarak bu düzey risk minimizasyonu amacı 1,0g/100g seviyesinin altına çekilmeye çalışılmaktadır (Bolenz ve ark. 2003). Bileşenler arasında başlıca nem kaynağı olanlar, süt orijinli maddeler, şeker ve demineralize peyniraltısu tozu olarak belirtilebilir. Dolayısı ile sütü çikolata, beyaz çikolata ve bunların türevlerinde daha yüksek nem düzeyleri ile karşılaşılması olasıdır. Çikolatada son ürün nem düzeyine üretim tekniğine bağlı olarak konçlama aşaması veya bilyalı değirmen (ball mill) uygulaması sırasında ulaşıldığı belirtilebilir (Bolenz ve ark. 2004, 2007 ve 2008).

İncelenen tüm ürünlerin nem düzeyleri belirlenmiş olup, beyaz çikolata örnekleri için 0,535-0,935 g/100 g aralığında belirlenmiş olup bu değer sürülebilir beyaz krema örnekleri için 0,965-1,800 g/100 g'dır (Çizelge 4.9). Sürülebilir beyaz krema örnekleri için daha yüksek nem düzeyleri ile karşılaşılması, bilyalı değirmen ve konç sistemlerinin uygulanması sonucu farklı nem seviyelerine ulaşılması, ürün bileşimi ile konç, bilyalı değirmen uygulamalarında kullanılan sıcaklık seviyelerinin sonucu olarak belirtilebilir.

Ayrıca sürülebilir beyaz krema örneklerinde gerek kurutulmuş, gerekse de enkapsüle formdaki mikroalglerin ilavesi ile birlikte nem düzeylerinde önemli artış söz konusu olmuştur ($P<0,05$). Yine, genel olarak mikroalg kullanım düzeyine bağlı olarak da artışın gerçekleştiği belirtilebilir ve enkapsüle formdaki mikroalglerin kullanımı ile daha şiddetli bir artışın gözlenmesi dikkat çekicidir. Bu durumun mikroalg bileşiminde yeralan hidrofilik maddelerin serbest suya gösterdikleri eğilim nedeni ile nem düzeyinin konvansiyonel ürünlere göre daha az seviyede düşüş göstermesi ve enkapsülasyonda kullanılan enkapsülasyon ajanının da benzer özellik göstermesi nedeni ile bu etkinin daha da artış ile sonuçlandığı belirtilebilir.

Beyaz çikolata örneklerinde ise üretim teknolojisinin (konç), kurutulmuş mikroalglerin sürülebilir beyaz krema örneklerinde nem düzeyi üzerinde göstermiş olduğu etkinin inhibe edildiği belirtilebilir. Bu örnek grubunda dar bir aralıkta değişim gösteren nem oranları, genellikle mikroalg ilavesi ile düşüş göstermiştir ($P<0,05$). Ancak enkapsüle mikroalg ilavesi, kullanılan miktara bağlı olarak beyaz çikolata nem düzeylerinde artışa neden olmuştur

($P<0,05$). Genel olarak tüm örnekleri için nem düzeyinin 1,0 g/100 g'ın altında olması ise olumlu bir sonuç olarak belirtilebilir.

Özellikle sürülebilir beyaz krema örneklerinde, nem düzeyindeki artış tolere edilebilir seviyelere indirilmesi önemlidir. Bu nedenle farklı formlarda *N. oculata*'nın bu üründe kullanımı halinde, bilyalı değirmen prosesinin optimizasyonu ihtiyacı bulunmaktadır. Bu amaçla özellikle sıcaklık seviyesinin artışı veya sürenin uzatılması, nem düzeyinin aşağı çekilmesine katkıda bulunabilir.

4.5. Sertlik

Çikolata kalitesi, sahip olduğu tekstürel sertlik özelliği ve bunun sonuçlarından olan “snap” ile ilişkilendirilmekte olup, kaliteli olarak tanımlanan çikolataların belirli düzeyde sertliğe sahip olması beklenmektedir (Konar 2013). Bileşim, üretim koşulları ve temperleme, dolayısıyla da yağ kristal polimorfizmi dahil çeşitli faktörler çikolatanın nihai sertlik değerlerini etkilemektedir. Sertlik iyi temperlemenin ve yağ kristal ağının oluşturulma derecesinin göstergeleri arasındadır (Aidoo ve ark. 2013). Çikolatada sertlik ölçümleri kakao yağının kristalizasyon miktarına, kristal büyüklüğüne, morfolojisine, polimorfik davranışı dahil olmak üzere birçok parametreye bağlı (Aidoo ve ark. 2011) olup, tekstür profil analizi (TPA) tekniği ile belirlenmektedir. Bu çalışmada da farklı düzeylerde kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg içeren beyaz çikolata örneklerinin sertlik özellikleri TPA tekniği ile incelenmiş olup, üretimi takip eden gün sonrası (Sertlik₁) yanısıra hızlandırılmış raf ömrü koşullarında (25°C ve %70 RH) 5 haftalık süre sonunda (Sertlik₂) belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Beyaz çikolata örneklerinin Sertlik₁ değerleri 15,2-18,7 N aralığında değişim göstermiştir. Mikroalglerin enkapsüle formda kullanımı ile genel olarak Sertlik₁ değerlerinde yükselme sözkonusudur ($P<0,05$). Bu durumun enkapsülasyon ajanının varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. 5 haftalık süre sonunda ise sertlik değerlerinde düşüş gözlenmiş olup, Sertlik₂ değerleri tüm örneklerde düşüş göstermiştir. Bu düşüşün özellikle nem düzeyindeki artış ile ilişkilendirilmesi mümkündür.

Genel olarak belirlenen sertlik değerleri, önceki çalışmalar ile uyumluluk gösterdiği (Farzahnmehr ve Abbasi 2009, Konar 2013, Toker ve ark. 2017) belirtilebilir. Ayrıca, bazı örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık söz konusu olsa da, tüm örnekler için dar

olarak tanımlanabilecek bir aralıkta değişim belirlenmiştir. Yine kurutulmuş veya enkapsüle formdaki mikroalg kullanımının sertlikte olumsuz olarak tanımlanabilecek bir değişikliğe neden olmaması, *N. oculata* mikroalg türünün beyaz çikolata bileşiminde pigment kaynağı olarak kullanımı için bir avantaj unsuru olarak tanımlanabilir.

Çizelge 4.10. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz çikolata Örneklerinin Sertlik Değerleri

Örnek Kodu	Sertlik ₁ (N)	Sertlik ₂ (N)
D.1.0	16,8 ± 0,89 ^{ABC}	14,3 ± 1,21 ^{ab}
D.1.1	15,2 ± 1,30 ^C	13,9 ± 1,07 ^b
D.1.2	17,8 ± 0,40 ^{AB}	14,9 ± 1,13 ^{ab}
D.1.3	16,9 ± 0,28 ^{ABC}	14,8 ± 0,12 ^{ab}
D.1.4	17,7 ± 0,07 ^{AB}	14,3 ± 0,65 ^{ab}
D.2.0	16,8 ± 0,89 ^{ABC}	15,4 ± 0,45 ^{ab}
D.2.1	16,2 ± 0,06 ^{BC}	14,7 ± 0,11 ^{ab}
D.2.2	18,7 ± 0,18 ^A	16,1 ± 0,23 ^a
D.2.3	17,2 ± 0,59 ^{AB}	14,8 ± 0,41 ^{ab}
D.2.4	18,1 ± 0,67 ^{AB}	15,4 ± 0,11 ^{ab}

Sertlik₁ değerleri, örneklerin hazırlanmasını takip eden gün, Sertlik₂ değerleri, 25°C/70% RH'da 5 haftalık depolama süreci sonunda belirlenmiştir. Üstsel küçük ve büyük harfler, her bir örnek grubunda mikroalg kullanım düzeyine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

4.6. Beyaz Çikolata Örneklerinin Reolojik Özellikleri

Çikolata, kakao ve şeker partiküllerinin, sürekli faz olan kakao yağı ile dispersiyon oluşturduğu, yarı-katı süspansiyon formunda bir ürün olup kakao yağından oluşan yağ matriksinde katı partikülleri içeren kompozit bir materyaldir (Wolf 2017). Reoloji ise ilgili materyalin maruz kaldığı kuvvete karşı gösterdiği akış ve deformasyon tepkisini inceleyen bilim dalıdır (Macosko 1994). Çikolata reolojisi, dolayısı ile akış özelliklerinin gerek ürün kalitesi gerekse de proses açısından önemi bulunmaktadır. Çikolata reolojik özellikleri viskozite, kıvam, ağız hissi gibi parametreler üzerindeki etkisi nedeni ile son ürün kalitesi ve stabilitesi üzerinde oldukça önemli etkiye sahiptir (Glicerina ve Romani 2016). Reolojik özellikler çikolatanın oral kavitedeki davranışını ve ağız hissini etkilemekte, ayrıca ağızdaki

aroma algısında değişikliklere neden olabilmektedir, dolayısı ile doğrudan kalite ile ilişkilidir. Kalıplama sırasında şekil bozuklukları ve hataları kaynaklı üretim kayıplarının reolojik özellik ve davranışla doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Karıştırma (konçlama ve temperleme prosesi), pompalama, taşıma, kalıplama ve kaplama işlemlerinde ürünün reolojik özellikleri oldukça önemlidir (Servais ve ark. 2004). Genel olarak çikolata ve ürünlerinin reolojik özelliklerini iki temel faktör etkilemektedir (Vavreck 2004, Schantz ve Rohm 2005, Afoakwa ve ark. 2009b). Bunlar formülasyon ve prosesdir.

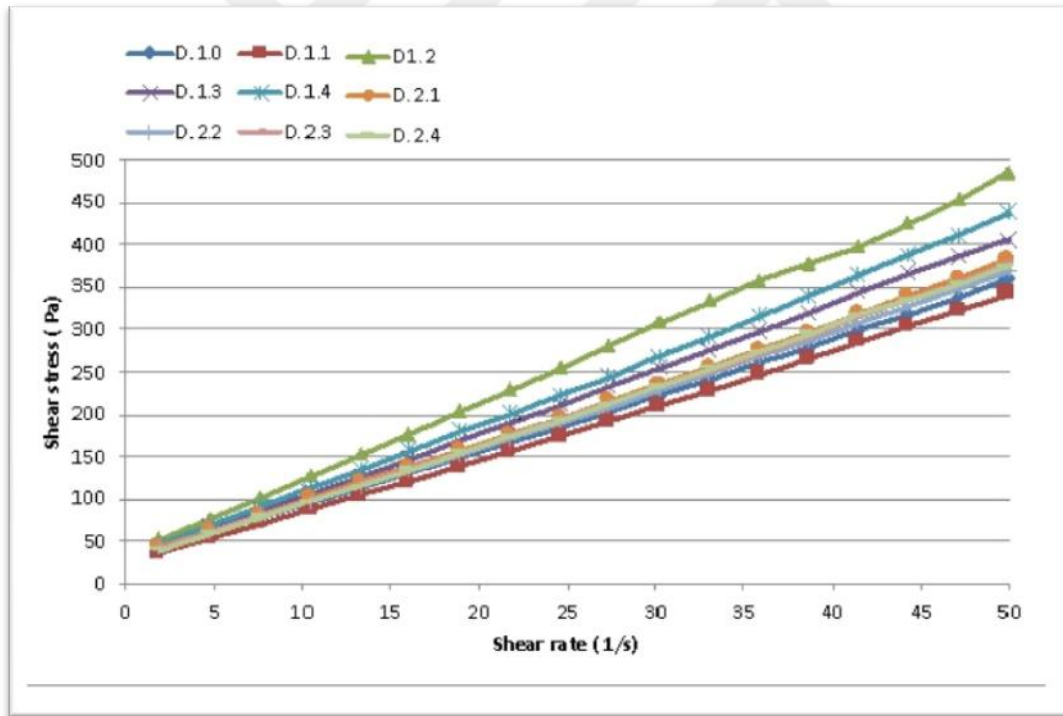
Çikolata reolojik analizleri yaygın ve sıklıkla gerçekleştirilmekte iken, beyaz çikolatayı konu alan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır (Toker ve ark. 2017). Bu çalışmada, farklı formlarda mikroalg içeren beyaz çikolata örneklerinin reolojik özellikleri Casson modeli kullanılarak incelenmiştir (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.3). Çikolata teknoloji ve biliminde yaygın kullanıma sahip (Beckett 2000, Afoakwa 2010, Konar 2013) bu modelin kullanımı ile beyaz çikolata örneklerinin yield stress ve plastik viskozite değerleri belirlenmiştir. Çünkü çikolata reolojik özelliklerinin tanımlanmasında başlıca iki parametre kullanılmaktadır; yield stress değeri ve plastik viskozite. Kaplama işleminde düşük yield değeri gerekir. Viskozite ise pompalama, karıştırma ve aktarma işlemlerinde önem taşımaktadır (Glicerina and Romani 2016). Modelin uygunluğu belirlenen R^2 değerlerinin tüm örnek grupları için yüksek seviyede olması (0,9938-0,9970) ile doğrulanmıştır.

Çizelge 4.11.Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Reolojik Özellikleri

Örnek Kodu	τ_0 (Pa)	η_{pl} (Pa.s)	R^2
D.1.0	4,8497	2,6996	0,9940
D.1.1	4,0973	2,6750	0,9938
D.1.2	5,2231	3,3158	0,9970
D.1.3	4,7069	2,9814	0,9953
D.1.4	4,8223	3,0972	0,9940
D.2.0	4,8497	2,6996	0,9940
D.2.1	4,8647	2,8109	0,9929
D.2.2	4,8556	2,7481	0,9934
D.2.3	4,8127	2,7888	0,9927
D.2.4	4,4637	2,8340	0,9973

Genel olarak kurutulmuş veya enkapsüle mikroalglerin farklı düzeylerde kullanımı ile dar bir aralıkta değişim göstermiş, olup tolere edilebilir düzeyde değişim gözlenmiştir. Beyaz çikolata için akış davranışına ait bulgular, önceki çalışmalar ile uyum göstermektedir (Toker ve ark. 2017). Enkapsüle mikroalg için yield stress ve plastik viskozite değerleri sırası ile 4,4637-4,8497 Pa ve 2,6996-2,8340 Pa.s aralıklarında değişime sahip olmuştur.

Farklı düzeylerde kurutulmuş mikroalg içeren plastik viskozite ve yield stress değerleri ise sırasıyla 2,6996-3,3158 Pa.s ve 4,0973-5,2231 Pa aralıklarında belirlenmiştir. Her iki örnek grubu için mikroalg kullanım düzeyi ile plastik viskozite ve yield stress değerlerindeki farklılıklar arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Ancak, akış davranışının düşük olarak kabul edilecek düzeylerde değişim göstermesi ve elde edilen verilerin çikolata kalitesini olumsuz etkilemeyecek nitelikte olması (Afoakwa 2010), kurutulmuş veya enkapsüle *N. oculata*'nın beyaz çikolata bileşiminde kullanımının reolojik açıdan sorun olmayacağını göstergesi olarak kabul edilebilir.



Şekil 4.3. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Akış Davranışı

4.7. Sürülebilir Beyaz Krema Viskoelastik Davranışı

Farklı düzeylerde kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg içeren sürülebilir beyaz krema örneklerinin reolojik özellikleri Ostwald de Waele modeli kullanılarak incelenmiş ve akış

davranış indeksi (n) ve konsistensi (K) değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Tüm örnekler için R^2 değerlerinin 0,9982 ve üzerinde olması, model seçiminin doğruluğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Pseudoplastik çözeltilerde akış indeksi (n) değerleri, Newtonian davranıştan uzaklaşmanın bir göstergesi niteliğinde 1,0'ın altında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sürülebilir beyaz krema örneklerinin non-Newtonian, shear thinning pseudoplastik akış davranışına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum daha önce yürütülen çalışmalar (El-Kalyoubi ve ark. 2011) ile uyumluluk göstermektedir.

Kurutulmuş mikroalg içeren sürülebilir beyaz krema örneklerine ait akış davranış indeksi değerleri incelendiğinde (0,87-0,90) oldukça dar bir aralıkta değişim gösterdiği ve genel olarak kurutulmuş mikroalg kullanımı ve düzeyinden etkilenmediği belirtilebilir. Benzer bir durum aynı örnek grubuna ait konsistensi değerleri için de söz konusudur. Yine dar bir aralıkta değişim söz konusu olup (7,22-8,35 Pa.sⁿ), bu değişim ve mikroalg kullanım düzeyinin etkisi tolere edilebilir nitelikte kabul edilmiştir.

Ancak, enkapsüle mikroalg kullanımı ile ise akış davranış indeksi değerlerde düşüş belirlenmiştir ($P < 0,05$). Aynı örneklerin konsistensi değerleri ise 8,97-22,1 Pa.sⁿ aralığında belirlenmiş olup, mikroalg kullanımına bağlı olarak önemli artış belirlenmiştir ($P < 0,05$). Bu yön ve şiddetteki değişimin iki olası nedene dayandığı düşünülmektedir; (i) nem düzeyindeki artış (Çizelge 4.9), (ii) enkapsüle ajanının varlığı. Çikolata ve şekerleme ürünleri için akış özelliklerini etkileyen önemli bir parametre su miktarıdır. Özellikle yüksek su içeriğine sahip gıdalarda stress indüklü su akışı bu gıdaların relaksasyon, deformasyon ve dinamik yanıt gibi viskoelastik özellik ve davranışlarını etkileyebilmektedir. Nem değeri daha düşük olan ürünlerin de benzer reolojik davranışlar gösterdiği belirlenmiştir (Singh ve Heldman 2001). Yine, Patmore ve ark. (2003), intermoleküler interaksiyonlar nedeniyle suyun moleküler hareketliliğinin engellenmesine neden olabilen protein-polisakkarit sistemlerinin viskoelastik özellikleri arttırdığını belirtmişlerdir.

Bir diğer olası etken ise, yukarıda da belirtildiği gibi enkapsülasyon ajanı olan maltodekstrin varlığıdır. Maltodekstrin kullanımının, özellikle DE değerine bağlı olarak bileşiminde yer alan maddelerin olası DP değerleri değişimine bağlı olarak, reolojik özellikleri farklı şiddetler ile etkileme potansiyeli bulunabilir. Örneğin dondurma miksinde su bağlama etkisi sonucu, dallanma ve polimerizasyon derecesine de bağlı olarak dondurma reolojik özelliklerinin modifiye edildiği tespit edilmiştir (Soukoulis ve Fisk 2016). Ayrıca, konsistensi değerindeki artış ile paralel olarak ağızda/damakta kaplama hissinin artışına

belirlenmiş olması (Varela ve ark. 2014), bu yönde bir değişimin sürülebilir beyaz kremanın duyusal özellikleri açısından bir dezavantaj olarak kabul edilebilir. Viskoelastik davranış özelliklerinin kalite değerlendirmesi için önem taşıdığı gıda maddeleri arasında yer alan dondurmada, örneklerin enstrümental sertlik ile konsistensi arasında güçlü korelasyon olduğu Sokoulis ve Tzia (2018) tarafından belirlenmiştir. Ancak sürülebilir beyaz çikolatanın sertlik özellikleri (Çizelge 4.11) incelendiğinde ise bu yönde bir ilişki belirlenememiştir.

Çizelge 4.12. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Viskoelastik Davranışları

Örnek Kodu	$K(Pa.s^n)$	n	R^2
D.3.0	$7,98 \pm 0,21^{de}$	$0,87 \pm 0,00^{ab}$	0,9985
D.3.1	$8,35 \pm 0,12^{de}$	$0,89 \pm 0,00^{ab}$	0,9982
D.3.2	$7,22 \pm 0,46^e$	$0,90 \pm 0,01^a$	0,9995
D.3.3	$8,19 \pm 0,91^{de}$	$0,88 \pm 0,03^{ab}$	0,9994
D.3.4	$8,72 \pm 0,49^d$	$0,87 \pm 0,01^{ab}$	0,9988
D.4.0	$8,97 \pm 0,76^d$	$0,86 \pm 0,02^b$	0,9982
D.4.1.	$14,3 \pm 0,30^c$	$0,74 \pm 0,01^{cd}$	0,9998
D.4.2	$14,0 \pm 0,01^c$	$0,75 \pm 0,00^c$	0,9994
D.4.3	$22,1 \pm 0,33^a$	$0,70 \pm 0,00^{de}$	0,9997
D.4.4	$17,2 \pm 0,33^b$	$0,71 \pm 0,01^{de}$	0,9993

Üstsel küçük harfler, mikroalg kullanım düzeyine bağlı farklılıkları belirtmektedir ($P < 0,05$). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

4.8. Klorofil-a Miktarı

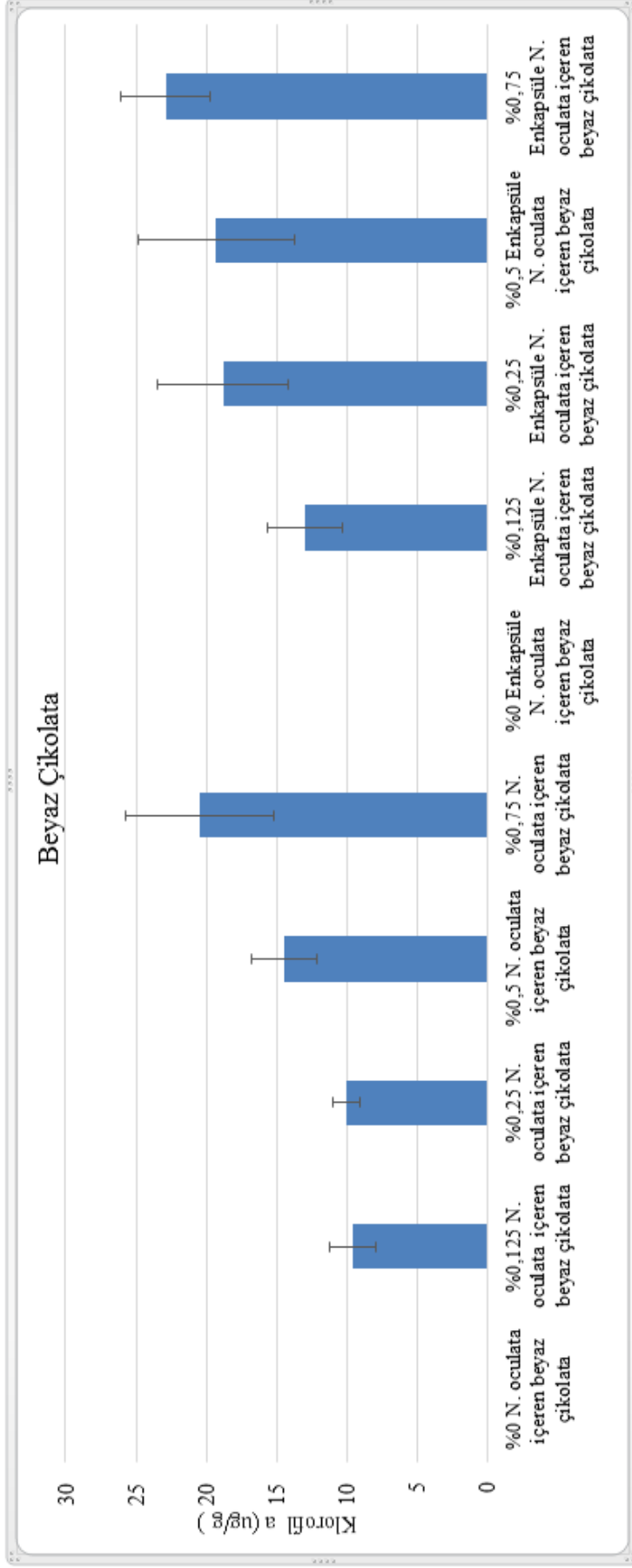
Şekerleme endüstrisi ve teknoloji açısından doğal pigment kaynaklarının kullanımı ve bu pigmentlerin stabilitesi her zaman önemli ve dikkat çeken bir araştırma ve uygulama alanı olmuştur. Ancak bu ürünler arasında son yıllara kadar, çikolata ve türevi ürünler yer almamaktadır. Günümüzde değişen ve gelişen tüketici trendleri, bu ürün gruplarında da biyoaktif bileşiklerin kullanım ve stabilitesine yönelik araştırmaları teşvik edici gelişim ve değişimler yaşamaktadır. Bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturan arayışlarda ise biyoaktif bileşen ve pigment kaynaklarının ürün kalitesi üzerindeki etkileri ve bu bileşenlerin proses stabilitesi dikkate alınması gereken unsurlar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada *N. oculata* türü mikroalgin seçim nedenlerinin başında, klorofil pigmenti için önemli bir kaynak olması gelmektedir. Dolayısı ile araştırma kapsamında beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema örneklerinde klorofil-a pigment düzeyleri belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Kurutulmuş mikroalg içeren beyaz çikolata örneklerinde klorofil-a miktarları 9,60-20,5 µg/g aralığında değişim gösterirken, enkapsülasyon ile mikroalg biyokütlenin bileşiminde yer alan klorofil-a miktarının daha fazla korunduğu ve dolayısı ile çikolata örneklerinde de bu bileşenin miktarının (13,0-22,9 µg/g artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.2). Tüm beyaz çikolata örnekleri için ise, hazırlanmalarında kullanılan kurutulmuş veya enkapsüle mikroalg kullanım düzeyine bağlı olarak klorofil-a miktarlarında farklılık olduğu belirlenmiştir ($P>0,05$). Ancak, sürülebilir beyaz krema örneklerinde, beyaz çikolata örneklerine göre klorofil-a oldukça yüksek düzeyde belirlenmiştir. Kurutulmuş mikroalg örnekleri için bu değerler 60,0-114,6 µg/g aralığında iken, enkapsüle formda kullanımı ile ise bu değerler yaklaşık üç kat artış göstererek 218,6-315,7 µg/g aralığında tespit edilmiştir. Dolayısı ile sürülebilir beyaz krema matriks ve/veya prosesinin mikroalg orijinli pigmentler için iyi bir taşıyıcı olduğu belirtilebilir. Ancak klorofil-a analiz çalışmalarına ait standart sapma değerlerinin yüksekliğinin de dikkate alınması gerekmektedir. Çikolata ve türevi ürünlerde pigment tayini çalışmalarının rutin gerçekleştirilen analiz çalışmaları arasında yer almaması da gözönünde tutularak, farklı tekniklerde (örneğin kromatografik), alternatif yöntemler ile hazırlanan örneklerde klorofil pigment tayini yöntemlerinin geliştirilmesi ile yüksek hassasiyet, kesinlik ve doğruluğa sahip yöntemlere ait koşulların ileri çalışmalar ile belirlenmesi önerilebilir.

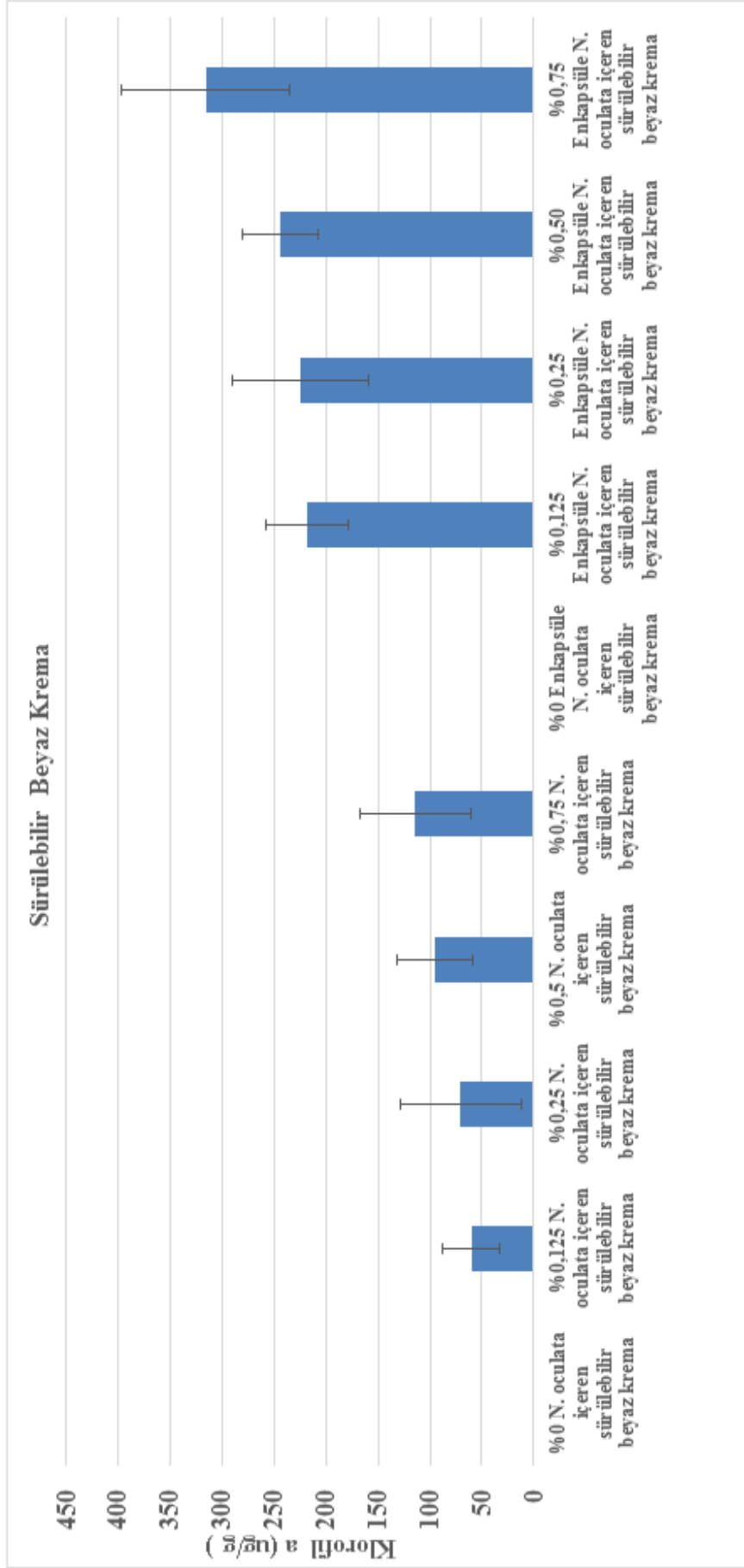
Çizelge 4.13. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata ve Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Klorofil-a Miktarları

Örnek Kodu	Klorofil-a Miktarı (µg/g)
D.1.0	0,10 ± 0,02 ^e
D.1.1	9,60 ± 1,65 ^d
D.1.2	10,9 ± 0,94 ^{cd}
D.1.3	14,5 ± 2,35 ^{abcd}
D.1.4	20,5 ± 5,32 ^{ab}
D.2.0	0,10 ± 0,02 ^e
D.2.1	13,0 ± 2,63 ^{bcd}
D.2.2	18,8 ± 4,67 ^{abcd}
D.2.3	19,4 ± 5,54 ^{abc}
D.2.4	22,9 ± 3,19 ^a
D.3.0	0,15 ± 0,03 ^D
D.3.1	60,0 ± 27,7 ^D
D.3.2	70,6 ± 58,3 ^D
D.3.3	95,5 ± 36,1 ^{CD}
D.3.4	114,6 ± 53,4 ^{BCD}
D.4.0	0,15 ± 0,03 ^D
D.4.1	218,6 ± 39,7 ^{ABC}
D.4.2	224,2 ± 65,6 ^{ABC}
D.4.3	243,5 ± 36,5 ^{AB}
D.4.4	315,7 ± 80,9 ^A

Üstsel küçük harfler, mikroalg kullanım düzeyine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.



Şekil 4.4. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Örnekleri Klorofil-a Miktarları



Şekil 4.5. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Örnekleri Klorofil-a Miktarları

4.9. Duyusal Özellikler

Çikolata, diğer şekerleme ürünlerinde olduğu gibi öncelikle haz amaçlı tüketim için tercih edilen gıda maddeleridir. Bu nedenle, yeni ürün geliştirme, proses optimizasyonu, reformülasyon vb. çalışmalarda diğer kalite özellikleri yanı sıra duyusal özelliklerin de öncelikli olarak incelenmesi gerekliliği bulunmaktadır. Çikolata bileşen ve kompozisyonları, özellikle konçlama ve inceltme işlemleri olmak üzere proses koşul ve uygulanan teknikler ile kullanılan kakao orijinli bileşenlerin orijin ve tabii tutuldukları işlemler son ürün duyusal özellikleri üzerinde etkiye sahiptir (Jackson 1999). Bu çalışmada, örneklerin görünüm, tekstür, ağızda erime, koku, tat ve genel beğeni özellikleri duyusal analiz ile incelenmiş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14’de yer almaktadır.

Beyaz çikolata örneklerinin görünüm, tekstür ve koku özelliklerinin kontrol örneği ile karşılaştırıldığında daha düşük beğeni düzeyine sahip olmakla birlikte, bu farklılığın önem taşımayan düzeyde oldukları belirlenmiştir ($P<0,05$). Ayrıca mikroalg orijinli bileşenin kullanım düzeyinin de bu farklılığın önem düzeyini etkilemediği belirlenmiştir. Ancak istatistiksel olarak farklılık olmasa da panelistlerin mikroalg içeren çikolata örneklerini daha az beğenmeleri ve enkapsüle mikroalg kullanımının bu olumsuz yaklaşımın şiddetini azalttığı tespit edilmiştir. Mikroalg orijinli bileşenlerin çikolata ve ürünlerinde kullanımında dikkate alınması gereken bir unsur, bu ürünlerin koku ve tat özelliklerini olumsuz etkileme olasılığıdır (Konar ve ark. 2018, Toker ve ark. 2018). Bu çalışmada da, örneklerin tat özelliklerinin mikroalg kullanımı ile daha düşük beğeniye sahip oldukları belirlenmiştir ($P<0,05$). Kurutulmuş *N. oculata* kullanım düzeyinin önemli farklılığa sahip olmadığı tespit edilmiş ancak enkapsüle formda kullanımının bu duyusal parametre açısından bir avantaj oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca enkapsüle formda kullanım düzeyinin tat üzerinde etkili olduğu, kullanım miktarının 0,500 g/100 g’dan fazla olması ile önemli bir beğeni düşüşü gerçekleştirdiği görülmüştür ($P<0,05$).

Tat özelliklerinde olduğu gibi genel beğeni parametresi için de kontrol örneklerine göre mikroalg kullanımının dezavantaja neden olduğu görülmüştür. Kurutulmuş mikroalgler için kullanım düzeyi genel beğeni üzerinde önemli etkiye sahip değilken, enkapsüle *N. oculata* kullanımında ise, tat özelliğinde olduğu gibi 0,500 g/100 g’dan fazla bileşenin örnek hazırlanmasında yer alması önemli genel beğeni düşüşüne neden olmuştur. Dolayısı ile, tat ve genel beğeni için enkapsüle formun kullanımının avantaj sağladığı ancak optimum düzeyin belirlenmesinin tüketici kabul ve tercihi için önemli olduğu belirtilebilir.

Çizelge 4.14. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Duyusal Özelliklerine Ait Puanlama

Örnek Kodu	Görünüm	Tekstür	Ağızda Erime	Koku	Tat	Genel Beğeni
D.1.0	4,75 ± 0,50 ^a	4,75 ± 0,50 ^a	4,75 ± 0,50 ^a	4,75 ± 0,50 ^a	4,75 ± 0,50 ^a	4,75 ± 0,50 ^a
D.1.1	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	3,25 ± 1,29 ^a	2,75 ± 0,96 ^b	3,80 ± 0,28 ^b
D.1.2	4,25 ± 0,50 ^a	4,00 ± 0,82 ^a	4,00 ± 0,82 ^a	3,75 ± 1,26 ^a	2,75 ± 0,96 ^b	3,75 ± 0,25 ^b
D.1.3	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,50 ± 0,58 ^a	3,25 ± 0,50 ^a	3,25 ± 0,50 ^b	3,90 ± 0,96 ^b
D.1.4	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	3,75 ± 0,96 ^a	3,00 ± 0,00 ^b	3,90 ± 0,96 ^b
D.2.0	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,50 ± 0,58 ^a	4,00 ± 0,82 ^{ab}	4,25 ± 0,50 ^{ab}
D.2.1	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,50 ± 0,58 ^a	4,00 ± 0,82 ^a	4,00 ± 0,82 ^{ab}	4,20 ± 0,49 ^{ab}
D.2.2	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^{ab}	4,25 ± 0,30 ^{ab}
D.2.3	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,00 ± 0,82 ^a	4,00 ± 0,82 ^a	3,75 ± 0,96 ^{ab}	4,05 ± 0,19 ^{ab}
D.2.4	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	3,50 ± 0,58 ^a	3,00 ± 0,00 ^b	3,85 ± 0,25 ^b

Üstsel küçük harfler, mikroalg kullanım düzeyine bağlı farklılıkları belirtmektedir (P<0,05). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Gerçekleştirilen duysal analiz ile sürülebilir beyaz krema örneklerinin görünüm, tekstür, ağızda erime, koku, tat ve genel beğeni özellikleri de incelenmiş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 4.15’de yer almaktadır. Kurutulmuş veya enkapsüle *N. oculata* kullanımının sürülebilir beyaz krema örneklerinin görünüm ve tekstür özelliklerinin beğenilme düzeylerinde önemli farklılık yaratmadığı belirlenmiştir (P<0,05). Kurutulmuş mikroalg içeren örneklerin ağızda erime özellikleri, kullanılan mikroalg düzeyinden genel olarak etkilenmez iken, enkapsüle mikroalg kullanımı ve kullanım oranının artışı ile birlikte bu parametrenin kabul ve beğenisinde düşüş gerçekleşmiştir (P>0,05). Bu durumun, enkapsülasyon amacıyla kullanılan maltodekstrin varlık ve düzeyinin olumsuz bir etkisi olduğu belirtilebilir. Ancak koku, tat ve genel beğeni özelliklerinde enkapsülasyonun olumlu bir etkisinin sürülebilir beyaz kremada söz konusu olmadığı görülmüştür. Her iki formdaki mikroalg kullanım oranındaki artış ile birlikte tat ve koku beğenileri önemli düzeyde düşüş göstermiştir (P<0,05).

4.10. Erime Özellikleri

Kurutulmuş ve enkapsüle beyaz çikolata örneklerinin erime özellikleri DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) tekniği kullanılarak belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Bu amaçla, örneklerin erimeye başladıkları sıcaklık (T_{onset}), erime sırasındaki tepe sıcaklık (T_{peak})

ve erimenin tamamlandığı sıcaklık (T_{offset}) değerleri ile erime sonucu meydana gelen entalpi değişimleri (ΔH) belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlendiği grafiklere örnekler Şekil 4.4’de yer almaktadır.

Çizelge 4.15. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Duyusal Özellikleri Ait Puanlama

Örnek Kodu	Görünüm	Tekstür	Ağızda Erime	Koku	Tat	Genel Beğeni
D.3.0	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	4,50±0,50 ^a	4,75±0,43 ^a	5,00±0,00 ^a
D.3.1	4,50±0,50 ^a	4,75±0,43 ^a	5,00±0,00 ^a	4,50±0,50 ^a	4,50±0,50 ^{ab}	4,50±0,50 ^{ab}
D.3.2	4,50±0,50 ^a	4,75±0,43 ^a	4,75±0,43 ^{ab}	4,50±0,50 ^a	4,50±0,50 ^{ab}	4,50±0,50 ^{ab}
D.3.3	4,75±0,43 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	4,00±0,71 ^{ab}	3,75±0,43 ^{bc}	4,50±0,50 ^{ab}
D.3.4	4,75±0,43 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	3,25±0,43 ^b	3,25±0,43 ^c	3,75±0,43 ^b
D.4.0	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	4,75±0,43 ^a	4,75±0,43 ^a	5,00±0,00 ^a
D.4.1	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a	4,50±0,50 ^a	4,75±0,43 ^a	5,00±0,00 ^a
D.4.2	4,75±0,43 ^a	4,75±0,43 ^a	5,00±0,00 ^a	4,50±0,50 ^a	4,50±0,50 ^{ab}	5,00±0,00 ^a
D.4.3	4,50±0,50 ^a	4,25±0,43 ^a	4,25±0,43 ^b	4,00±0,71 ^{ab}	3,75±0,43 ^{bc}	4,25±0,43 ^{ab}
D.4.4	4,75±0,43 ^a	4,25±0,83 ^a	4,25±0,83 ^b	3,25±0,43 ^b	3,25±0,43 ^c	3,75±0,43 ^b

Üstsel küçük harfler, mikroalg kullanım düzeyine bağlı farklılıkları belirtmektedir ($P<0,05$). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

DSC tekniği kullanılarak, çikolata örneklerinin erime özelliklerinin incelenmesi sonucu, ağız içi erime davranışları yanı sıra, sertlik gibi yağ fazının diğer bazı fiziksel özellikleri ile kristalizasyon özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilir (Braipson-Dainthine ve Deroame 2004). Erime davranışı genel olarak farklılık göstermekle birlikte, diğer majör (örneğin şeker) ve minör (örneğin lesitin) bileşenler ile bazı fiziksel özellikler örneğin partikül büyüklüğü gibi faktörlerden etkilenebilmektedir (Do ve ark. 2007, Afoakwa 2010). Kakao yağı esaslı çikolatalar için Tonset ve Tendset değerleri daha önceki çalışmalarda sırasıyla 24,3-30,6°C ve 33,0-37,2°C aralıklarında belirlenmiştir (Periche ve ark. 2015, Sokmen ve Gunes 2006, Glicerina ve ark. 2013, Toker ve ark. 2016). Farklı düzeylerde palm stearin/palm kernel olein karışımlarının yine farklı koşullarda kristalizasyonu sonucu elde edilen örneklerin Tonset değerleri ise 11,5-22,3°C aralığında tespit edilmiştir (Abd-Rashid ve ark. 2012).

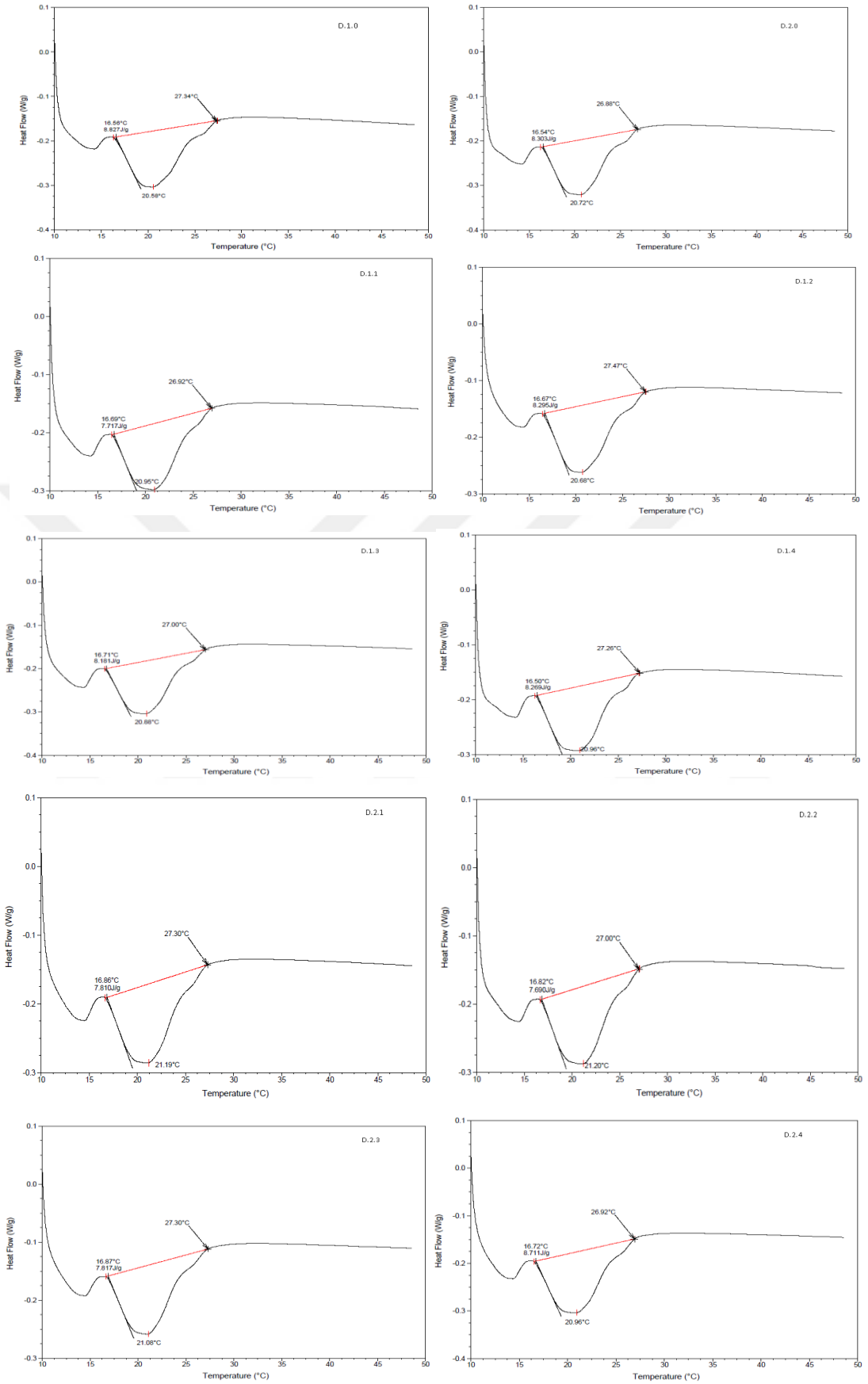
Bu çalışmada beyaz çikolata için belirlenen erime özelliklerine ait sonuçların ise, önceki çalışmalar ile uyumluluk gösterdiği belirtilebilir. Örneklerin ΔH , T_{onset} , T_{peak} ve T_{endset} değerlerinin sırasıyla, 7,98-8,56 J/g, 16,51-16,79 °C, 20,63-21,03 °C ve 26,94-27,41°C

aralıklarında değişim göstermiştir. Tüm özelliklerde dar bir aralıkta gerçekleşen bu değişimin, enkapsüle ve/veya kurutulmuş mikroalg kullanımı veya kullanım düzeyi nedeni ile önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir ($P<0,05$). Maltodekstrin ve diğer bazı poli-, oligo-sakkaritler ile hidrokolloidler, çikolata ve ürünlerinde erime özelliklerinin modifikasyonu veya ısı dirençli çikolata geliştirilmesi amacıyla kullanılabilmektedir (Wüstenberg 2015). Ayrıca, mikroalg biyokimyasal kompozisyonunda doymamış yağ asitlerinin varlığının da çikolata erime özelliklerini etkilemesi sözkonusudur (Konar ve ark. 2018, Toker ve ark. 2018). Bu nedenlerle özellikle enkapsüle mikroalg kullanımına bağlı olarak beyaz çikolata örneklerinde gerçekleşebilecek kontrol örneğine göre farklı erime özelliklerine sahip çikolata eldesi öngörüsü gerçekleşmemiştir. Bu durum ise, biyoaktif bileşen ve pigment kaynağı özelliğinin esas alınması nedeni ile bir avantaj ve olumlu sonuç olarak belirtilebilir. Bileşimde yer alan mikroalglerin düzeyinin oldukça düşük olmasının da ($<1,0$ g/100 g) elde edilen sonuçların nedenleri arasında yer aldığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.16. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin Erime Özellikleri

Örnek	ΔH (J/g)	T_{onset} (°C)	T_{peak} (°C)	T_{endset} (°C)
D.1.0	$8,24 \pm 0,09^a$	$16,51 \pm 0,04^a$	$20,77 \pm 0,07^a$	$26,94 \pm 0,08^a$
D.1.1	$8,17 \pm 0,64^a$	$16,57 \pm 0,16^a$	$20,93 \pm 0,02^a$	$26,88 \pm 0,06^a$
D.1.2	$8,56 \pm 0,38^a$	$16,61 \pm 0,08^a$	$20,63 \pm 0,07^a$	$27,41 \pm 0,09^a$
D.1.3	$7,98 \pm 0,30^a$	$16,71 \pm 0,00^a$	$20,89 \pm 0,01^a$	$27,13 \pm 0,18^a$
D.1.4	$8,18 \pm 0,12^a$	$16,61 \pm 0,16^a$	$20,99 \pm 0,05^a$	$27,21 \pm 0,06^a$
D.2.0	$8,24 \pm 0,09^a$	$16,51 \pm 0,04^a$	$20,77 \pm 0,07^a$	$26,94 \pm 0,08^a$
D.2.1	$8,25 \pm 0,62^a$	$16,75 \pm 0,16^a$	$21,03 \pm 0,22^a$	$27,19 \pm 0,15^a$
D.2.2	$8,18 \pm 0,69^a$	$16,73 \pm 0,13^a$	$21,02 \pm 0,25^a$	$26,96 \pm 0,06^a$
D.2.3	$8,26 \pm 0,63^a$	$16,79 \pm 0,11^a$	$21,02 \pm 0,08^a$	$27,11 \pm 0,27^a$
D.2.4	$8,26 \pm 0,63^a$	$16,79 \pm 0,11^a$	$21,02 \pm 0,08^a$	$27,11 \pm 0,27^a$

Üstsel küçük harfler, mikroalg kullanım düzeyine bağlı farklılıkları belirtmektedir ($P<0,05$). Analizler üç tekerrürlü olup, ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

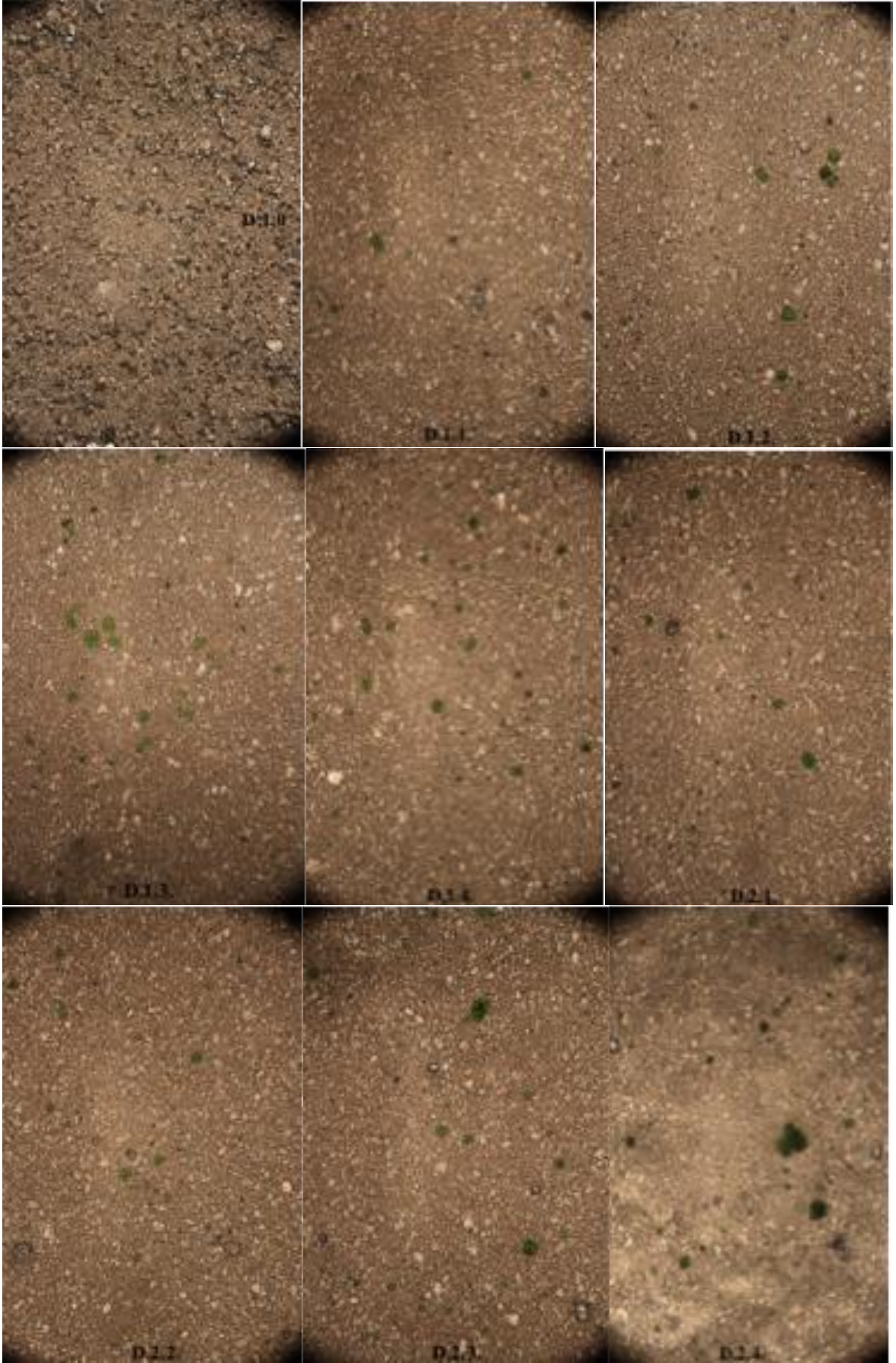


Şekil 4.6. Kurutulmuş ve Enkapsüle *N. oculata* İçeren Beyaz Çikolata Örneklerinin DSC Grafik Örnekleri.

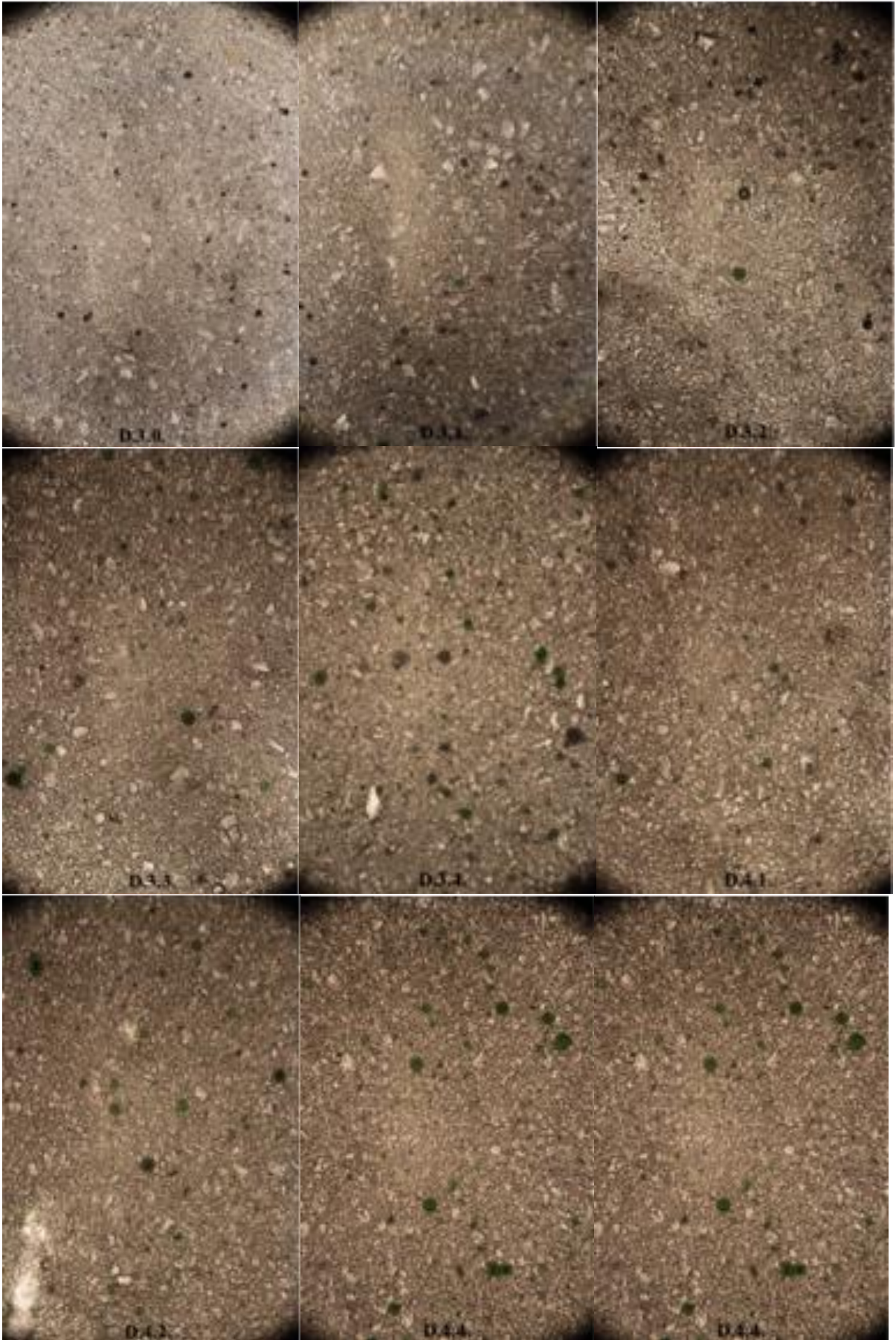
4.11. Mikroyapı Özellikleri

Kurutulmuş ve enkapsüle mikroalg kullanılarak hazırlanan beyaz çikolata örneklerinin mikroyapıları Şekil 4.7’de yer almaktadır. Genel olarak mikroalg kullanımı tüm örnek gruplarında aglomerasyona neden olmamıştır. Bu olumlu bir sonuç olarak kabul edilebilir. Ayrıca, tüm örnek gruplarında mikroalg orijinli pigmentlerin matriksde homojen bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Kullanım düzeyindeki artış ile birlikte pigmentlerin homojen dağılımının olumsuz etkilenmemiş olması da dikkat çekicidir. Bu nedenle, her iki örnek grubu için uygulanan prosesin homojen bir yapıya ulaşmak için uygun ve yeterli olduğu sonucuna varılmış, bu örneklerin mikroalg orijinli pigment ve diğer biyoaktif bileşenler için uygun dağıtım araçları olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.





Şekil 4.7. Beyaz Çikolata Örneklerinin Mikroyapıları



Şekil 4.8. Sürülebilir Beyaz Krema Örneklerinin Mikroyapıları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şekerleme ve çikolata teknolojisinde yenilikçi ürünlerin geliştirilmesi ve tüketicilere arzı önemli bir rekabet unsuru olduğu gibi ilgili alandaki bilimsel çalışmalara da katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Özellikle bu amaçla doğal orijinli bileşenlerin kullanımı büyük öneme sahiptir. Çünkü tüketicilerin bu yöndeki beklenti ve taleplerinde önemli artış söz konusu olup, endüstriyel uygulamalar için sektörel bileşen ve alternatif hammadde arayışları hız kazanmıştır. Bu çalışma ile elde edilen veriler sonucunda, mikroalglerin beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema ürünlerinde pigment kaynağı olarak kullanılabileceği, bu kullanım sonucunda elde edilecek ürünlerin kalite parametrelerinde tolere edilebilir düzeyde değişimlerin söz konusu olacağı belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen ürünlerde renk stabilitesinin söz konusu olması, bir diğer avantaj unsuru olarak belirtilebilir. Bu amaçla kullanılabilecek mikroalg türlerinden birisinin *N. oculata* olduğu bu çalışma sonucu ortaya konulmuştur.

N. oculata kültürünün yapıldığı fotobiyoreaktör hacminin yüksek olmasından dolayı daha hızlı ve maliyetin düşük olmasından dolayı püskürtmeli kurutma tekniği kullanılmıştır. Püskürtmeli kurutma tekniği, mikroalg biyomasın endüstriyel uygulamalarda mikroalg biyomas temini oranının yüksekliğinden dolayı avantaj sahibidir. Ayrıca püskürtmeli kurutma tekniği, mikroalg enkapsülasyonunda kullanılan maltodekstrin açısından en uygun metod olmasından tercih edilmiştir. Enkapsülasyon için kullanılabilecek alternatif bileşenler de bulunmaktadır. İleri çalışmalar ile farklı enkapsülasyon ajanlarının kullanımının etkileri incelenebilir. Ancak, maltodekstrinin farklı biyoaktif bileşenlerin enkapsülasyonu amacı ile başarılı ile uygulanması ve genel olarak çikolata duyusal ve kalite özellikleri için olumsuz etkilere neden olmama potansiyeli bu çalışmada maltodekstrinin başlıca tercih edilme gerekçeleri arasında yer almıştır. Kurutma ve enkapsülasyon tekniğinin seçiminde olduğu gibi, yaygın kullanım, tedarik edilebilirlik ve diğer potansiyel enkapsülasyon ajanlarına göre düşük maliyet de maltodekstrin seçim nedenleri arasında yer almıştır. Çalışma sonucu elde edilen veriler ise, maltodekstrinin pigment stabilitesi için avantaj olması yanısıra genel olarak kalite özellikleri üzerinde de nötr bir bileşen olduğunu ortaya koymuştur. Maltodekstrinin farklı dekstroz eşdeğerlilikte (DE) çeşitlerinin bulunması da bir diğer avantaj olarak belirtilebilir. Çünkü farklı DE maltodekstrinlerin suya affinitesinin değişmesi, çikolata kalite özelliklerinde ve biyoaktif bileşen ve pigment stabilite özelliklerinde modifikasyonlar gerçekleştirme olanağı sağlayabilecektir. Maltodekstrine alternatif olarak ise farklı hidrokolloidlerin (örneğin diğer nişasta türevleri, protein orijinli enkapsülasyon ajanları gibi)

kullanımı sözkonusu olabilir. Ancak bu alternatiflerin çikolata kalite özellikleri ile etkileşimi dikkate alınmak zorundadır.

Mikroalg orijinli bileşenlerin çikolata prosesine katılmadan önce kurutulması, uygulama ve kullanım açısından önem taşımaktadır. Mikroalg üretiminde kullanılan tübüler fotobiyoreaktör sistemi, kapalı bir sistemdir. Böylelikle tek tür mikroalg kültürünün üretimi söz konusudur. Kültür sırasında kontaminasyon olmamış farklı mikroalg türü ve bakteri görülmemiştir. Ayrıca püskürtmeli kurutma işleminde 170°C düzeyinde sıcaklık uygulaması sonucunda kurutulan biyomasta kontaminasyon olmamıştır. Kurutulmuş biyomas steril saklama kaplarında hava almadan depolanmıştır. Bu alışma sonucu elde edilen veriler ile püskürtmeli kurutma tekniğinin, mikroalglerin kurutulması için uygulanabilir bir teknik olduğu belirlenmiştir. Ancak, enkapsülasyon uygulamasının, özellikle pigment düzeyi, renk stabilitesi ve duysal özellikler açısından avantajlar sağlayacağı tespit edilmiştir. İleri alışmalar ile püskürtmeli kurutma proses koşullarının (rneğinin inlet ve outlet sıcaklığı, nozzle çapı vb.), enkapsülasyon koşullarının (rneğinin enkapsülasyon ajanı türü ve düzeyi, enkapsülasyon n-işlemleri vb.) optimizasyonuna yönelik yürütülecek çalışmalar, kalite özellikleri açısından daha avantajlı ürünler elde edilmesini sağlayabileceği gibi, renk stabilitesi ve pigment düzeyinin artışıını gerçekleştirebilir. Yine farklı kurutma teknikleri ile hazırlanmış mikroalg örneklerinin (rneğinin liyofilizasyon), çikolata matriksinde kullanım sonuçlarının ileri çalışmalar ile incelenmesi önem taşımaktadır.

Mikroalgler bazı makro besin öğeleri (rneğinin protein ve polisakkaritler) ile biyoaktif bileşenler (rneğinin çoklu doymamış yağ asitleri) için önemli doğal ve sürdürülebilir kaynaklardır. Fonksiyonel ikolata geliştirme çalışmaları için bu nedenle önemli bir alternatif bileşen niteliği taşımaktadır. Bu alışma sonucu elde edilen veriler, mikroalglerin beyaz çikolata ve sürülebilir beyaz krema ürünleri için önemli bir biyoaktif bileşen olarak kullanım olanağı sağladığını ortaya koymuştur. Yürütülecek alışmalar ile mikroalg orijinli özellikle biyoaktif bileşenlerin raf ömrü ve proses stabilitelerinin incelenmesi, ayrıca ürün kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda mikroalg orijinli bileşenlerin çikolata ve türevi olan ürünlerde kullanılmamış olması ve bu çalışmanın ilk niteliği taşıması, bilimsel literatür ile karşılaştırma yapılması konusunda engel niteliği taşımıştır. Kısıtlı sayıda yapılan çalışmada ise mikroalg orijinli ve saflaştırılmış çoklu doymamış yağ asitlerinin çikolata (sütlü, bitter ve beyaz) bileşiminde kullanılması ve bu bileşenlerin de pigment içeriğine sahip olmaması söz konusudur. İlgili

alışmalar ve sonuçlarına incelenen parametre ve özellikler esas alınarak bu tez çalışmasında değinilmiş ve elde edilen sonuçlarda karşılaştırmalar yapılmıştır. Ancak mikroalg biyomasının kullanımı, bu biyomasda yeralan diğer bileşenlerin de varlığı nedeni olası etkileri önemli farklılıklar ortaya çıkartmaktadır. Ancak, çalışmamıza ait sonuçlar özellikle *N. oculata*'a ait olmak üzere mikroalg biyomaslarının çikolata üretiminde kullanımı için olumlu olarak nitelendirilebilir.

Çalışma sonucu elde edilen veriler, tat ve genel beğeni açısından bazı dezavantajların olduğunu ortaya koymuştur. Bu dezavantajlar farklı enkapsülasyon ajanlarının ve enkapsülasyon koşullarının kullanımı ile giderilebilir. Ayrıca mikroalglerin hasatı sonrası veya enkapsülasyon ve/veya kurutma işlemlerini takiben deodorizasyon uygulaması kullanılabilir. Bu amaçla düşük sıcaklıkta vakum altında gerçekleştirilecek işlemler ile istenmeyen tatların giderilmesini sağlayabilir. Bu alışmada *N. oculata*'nın çikolata ve benzeri bazı ürünlerde kullanımın etki ve olanağı incelenmiştir. Ancak çok sayıda mikroalg türü, geliştirilen yenilikçi biyoteknolojik yöntemler ile üretilebilmektedir. Farklı mikroalg türlerinin farklı renklere yönelik pigment içeriklerinin olması yanı sıra, farklı biyoaktif maddelerin de kaynağı olması söz konusudur. İleri alışmalar ile farklı mikroalglerin kullanım olanaklarının incelenmesi yanı sıra, mikroalg yetiştiriciliğinde kullanılan yöntem ve koşulların, pigment düzeyinin optimizasyonu amacıyla yürütülmesi ve son ürün özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi mümkündür. Çikolata dışındaki diğer şekerleme ürünlerinde pigment kaynaklarının kullanımı yaygın ve önem sahibidir. Ancak genel olarak endüstriyel uygulamada stabil doğal pigment kaynakları sorun ve arayışı bulunmaktadır. Bu ürünlerde mevcut durumda (sert, yumuşak, çiğnenebilir şekerleme) Spirulina dışında mikroalg orijinli pigment kaynakları kullanılmamakta, bu tür için ise stabilite sorunları nedeni ile farklı pigment kaynakları ile kombinasyonların oluşturulup uygulanması söz konusu olmaktadır. Elde edilen sonuçlar, mikroalg hazırlama koşullarının, pigment proses ve kurutma stabilitesi üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Çikolata dışındaki diğer şekerleme ürünlerinde de *N. oculata* ve diğer mikroalglerin doğal pigment ve ayrıca biyoaktif bileşen kaynağı olarak kullanım olanaklarının incelenmesi yararlı olacaktır. Çikolata teknolojisinde en yüksek şiddetli ısı işlem ile en uzun süreli shear etkisinin söz konusu olduğu üretim aşaması, konçlama aşamasıdır. Bu aşamada uygulanan ısı işlem düzey ve süresi, bileşen ısı-, oksidatif-, fiziksel- ve kimyasal- stabilitelerini etkileyebilmektedir. Konçlama işlemi koşullarının optimizasyonu ile *N. oculata* ve diğer olası mikroalg türlerinin kullanımında pigment stabilitesi ve renklendirme özelliklerinin geliştirilmesi mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

- Abd-Rashid N, Chiew LC, Chong SC, Omar Z (2012). Crystallisation kinetics of palm stearin, palmkernel olein and their blends. *LWT Food Science and Technology*, 46(2): 571–573.
- Afoakwa E.O, Paterson A, Fowler M, Vieira J (2008a). Modelling tempering behavior of dark chocolates from varying particle size distribution and fat content using response surface methodology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 527-533.
- Afoakwa E, O Paterson, A Fowler M (2008b). Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European Food Research and Technology*, 226:1259-1268.
- Afoakwa E, O Paterson, A Fowler M, Vieira J (2009a). Influence of tempering and fat crystallization behaviours on microstructural and melting properties in dark chocolate systems. *Food Research International* 42: 200-209.
- Afoakwa E, O Paterson, A Fowler M, Vieira, J (2009b). Microstructure and mechanical properties related to particle size distribution and composition in dark chocolate. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(1): 111-119.
- Afoakwa EO (2010). *Chocolate Science and Technology*. Wiley-Blackwell, UK, pp. 11-34.
- Aguilera JM, Michel M, Mayor G (2004). Fat migration in chocolate. Diffusion or capillary flow in particulate solid. A hypothesis paper. *Journal of Food Science*, 69(7): R167-R174.
- Ahern TJ, Katoh S, Sada E (1983). Arachidonic acid production by the red algae *Porphyridium cruentum*. *Biotechnology and Bioengineering*, 25(4): 1057-1070.
- Aidoo H, Sakyi-Dawson E, Abbey L, Tano Debrah K, Saalia FK (2011). Optimisation of chocolate formulation using dehydrated peanut-cowpea milk to replace dairy milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(2): 224-231.
- Aidoo RP, DeClerq N, Afoakwa EO, Dewettinck K (2013). Industrial manufacture of sugar free chocolates applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science and Technology*, 32: 84-96.
- Aidoo RP, Afoakwa EO, Dewettinck K (2014). Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture rheological, microstructure and physical quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 226: 1259-1268.
- Alamprese C, Datei L, Semeraro Q (2007). Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate. *Journal of Food Engineering*, 83: 629–636.
- Altimiras P, Pyle L, Bouchon P (2007). Structure fat migration relationships during storage of cocoa butter model bars: Bloom development and possible mechanisms. *Journal of Food Engineering*, 80: 600–610.

- Andarea-Nightingale LM, Lee SY, Engeseth NJ (2009). Textural Changes In Chocolate Characterized by Instrumental and Sensory Techniques. *Journal of Texture Studies*, 40: 427-444.
- Anonim (2017a).Türk Gıda Kodeksi Çikolata ve Çikolata ürünleri Tebliği. www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/11/20171103-10.htm
- Anonim (2017b). Type of Chocolate, https://en.wikipedia.org/wiki/Types_of_chocolate. (erişim tarihi: 07.01.2017).
- Arad, SM, Friedma, OD, Rotem A (1988). Effect of nitrogen on polysaccharide production in a *Porphyridium* sp. *Applied and Environmental Microbiology*, 54(10): 2411-2414.
- Ares G, Besio M, Gimenez A, Deliza R (2010). Relationship between involvement and functional milk desserts intention to purchase. Influence on attitude towards packaging characteristics. *Appetite*, 55: 298-304.
- 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.
- Awua PK (2002). The Success Story of Cocoa Processing and Chocolate Manufacturing in Ghana. David Jamieson and Associates Ltd., Essex UK, 1-4, 33-5.
- Bandarra NM, Pereira PA, Batista IMH, Vilela (2003). Fatty acids, sterols and α - tocopherol in *Isochrysis galbana*. *Journal of Food Lipids*, 10: 25-34.
- Barkallah M, Dammak M, Louati I, Hentani F, Hadrich B, Mechichi T, Ayadi MA, Fendri I, Attia H, Abdelkafi S (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT – Food Science and Technology*, 84: 323-330.
- Batista AP, Gouveia L, Bandarra NM, Franco JM, Raymundo A (2013). Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research*, 2: 164–173.
- Baysal T, Ersus S (1999). Karotenoidler ve insan sağlığı. *Gıda Dergisi*, 24 (3):177-185.
- Beckett ST (1999). *Industrial chocolate manufacture and use*. (3rd ed.). Oxford, Blackwell.
- Beckett ST (2000). *The Science of Chocolate*. Royal Society of Chemistry Paperbacks.
- Beckett ST (2008). *The Science of Chocolate 2nd Edition*. The Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge.
- Belscak-Cvitanovic A, Komes D, Berkovic M, Karlovic S, Hecimovic I, Jezek D, Bauman I (2012). Innovative formulations of chocolates enriched with plant polyphenols from *Rubus idaeus* L. Leaves and characterization of their physical, bioactive and sensory properties. *Food Research International*, 48: 820-830.

- Biswas N, Cheow YL, Tan CP, Siow LF (2017). Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *LWT-Food Science and Technology*, 82: 420-428.
- Bolenz S, Thiessenhusen T, Schape R (2003). Fast conching for milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 218: 62-67.
- Bolenz S, Amtsberg K, Lipp E (2004). New concept for fast conching of milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 220(1): 47-54.
- Bolenz S, Kutschke E, Lipp E, Senkpiehl A (2007). Pre-dried refiner flakes allow very short or even continuous conching of milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 226: 153-160.
- Bolenz S, Kutschke E, Lipp E (2008). Using extra dry milk ingredients for accelerated conching of milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 227: 1677-1685.
- Bolenz S, Manske A (2013). Impact of fat content during on particle size distribution and flow properties of milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 236: 683-872.
- Bolenz S, Manske A, Langer M (2014). Improvement of process parameters and evaluation of milk chocolate made by the new coarse conching. *European Food Research and Technology*, 238(5): 863-874.
- Bolliger S, Breitschun B, Stranzinger M, Wagner T, Windhab EJ (1998). Comparison of Precrystallization of Chocolate. *Journal of Food Engineering*, 35: 281-297.
- Botelho PB, Galasso M, Dias V, Mandrioli M, Lobato LP, Rodriguez- Estrada MT ve ark. (2014). Oxidative stability of functional phytosterol-enriched dark chocolate. *LWT - Food Science and Technology*, 55: 444-451.
- Braga SCGN, Oliveira LF, Hashimoto JC, Gama MR, Efraim P, Joppi RJ, Augusto F (2018). Study of volatile profile in cocoa nibs, cocoa liquor and chocolate on production process using GC X GX-QMS. *Microchemical Journal*, 141: 353-361.
- Braipson-Danthine S, Deroanne C (2004). Influence of SFC, microstructure and polymorphism on texture (hardness) of binary blends of fats involved in the preparation of industrial shortenings. *Food Research International*, 37: 941-948.
- Briones V, Aguilera JM (2005). Image analysis and changes in surface color of chocolate. *Food Research International*, 38: 87-94.
- Callebaut Barry Callebaut International (2008). Consumer Survey Shows: Chocolate lovers want functional chocolate with proven health benefits (<http://www.barry-callebaut.com/51?release=4030>).

- Cam M, Icyer NC, Erdogan F (2014). Pomegranate peel phe-nolics: microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *LWT Food Science and Technology*, 55: 117–123.
- Cebula DJ, Dilley KM, Smith KW (1999). Continuous Tempering Studies on Model Confectionery Systems. *Manufacturing Confectionery* 131–136.
- Cemeroğlu B (2007). *Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Bizim Büro Basımevi, Ankara.*
- Chen, L, Liu X, Li D, Chen W, Zhang K, Chen S (2016). Preparation of stable microcapsules from disrupted cell of *Haematococcus pluvialis* by spray drying. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(8): 1834-1843.
- Cidell JL, Alberts HC (2006). Constructing quality: the multinational histories of chocolate. *Geoforum*, 37: 999-1007.
- Cohen Z, Richmond A (1986). Products from microalgae. *Handbook for Microalgal Mass Culture*. Richmond A, 41-53.
- Cohen Z, Vonshak A, Richmond A (1988). Effect of environmental conditions on fatty acid composition of the red alga *Porphyridium cruentum*: correlation to growth rate,.*Journal of Phycology*, 24: 328– 332.
- Counet C, Callemien D, Ouwerx C, Collin S (2002). Use of Gas Chromatography-olfactometry to Identify Key Odorant Compounds in Dark Chocolate. Comprasion of Samples Before and After. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2385-2391.
- Dahlenborg H, Millqvist-Fureby A, Bergenstahl B (2015). Effect of shell microstructure on oil migration and fat bloom development in model pralines. *Food Structure*, 5: 51-65.
- De Clerq N, Moens K, Depypere F, Ayala JV, Calliauw G, De Greyt W, Dewettinck K (2012). Influence of cocoa butter refining on the quality of milk chocolate, *Journal of Food Engineering*, 111(2): 412-419.
- De Mello-Sampayo C, Paterna A, Polizzi A, Duarte D, Batista I, Pinto R, Silva-Lima B (2017). Evaluation of Marine Microalga *Diatronema vlkianum* Biomass Fatty Acid Assimilation in Wistar Rats. *Molecules*, 22(7): 10971111.
- Debaste F, Kegelaers Y, Liegeois S, Ben Amor H, Halluin V (2008). Contribution to the modeling of chocolate tempering process. *Journal of Food Engineering*, 88: 568-575.
- Depoortere L (2011). *The Use and Applicability of Cocoa Butter Equivalents in Chocolate Products*. University Gent. Master of Science Thesis
- Dhons D, Stapley AGF (2006). The effect of shear rate, temperature, sugar and emulsifier on the tempering of cocoa butter. *Journal of Food Engineering*, 77: 936-942
- Dimick PS, Hoskin JM (1981). Chemico-physical Aspects of Chocolate Processing- A Review. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 14(4): 269-282.

- Do TAL, Hargreveas JM, Wolf B, Hort J, Mitchell JR (2007). Impact of particle size distribution on rheological and textural properties of chocolate models with reduced fat content. *Journal of Food Science*, 72(9): E541-E552.
- Donato M, Vilela HM, Bandarra NM (2003). Fatty acids, sterols, α -tocopherol and total carotenoids composition of *Diacronema vlkianum*. *Journal of Food Lipids*, 10:267–276.
- Dyeberg J (1986) Linoleate-derived Polyunsaturated Fatty Acids and Prevention of Atherosclerosis. *Nutrition Reviews* 44: 125– 134.
- Dufosse L, Galaup P, Yaron A, Arad SM, Blanc P, Muthy KNC, Ravishanker GA (2005). Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality. *Trends in Food Science and Technology*, 16: 389-406.
- Durmaz Y, Işık O, Bandarra N, Cirik S, Turan G, Gökpinar Ş (2002). *Porphyridium cruentum* (Rhodophyceae) Yağ Asitleri Kompozisyonuna Kurutma Yöntemlerinin Etkisi. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 19(1-2): 189 – 195.
- Durmaz Y, Donato M, Monteiro M, Gouveia L, Nunes ML, Gama Pereira T, Gokpinar S, Bandarra NM (2009), Effect of temperature on α -tocopherol, fatty acid profile, and pigments of *Diacronema vlkianum* (Haptophyceae). *Aquaculture International*, 17: 391–399.
- El-Kalyoubi M, Khallaf MF, Abdelrashid A, Mostafa EM (2011). Quality characteristics of chocolate–Containing some fat replacer. *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2): 89-96.
- Farzanmehr H, Abbasi S (2009). Effects of inulin and bulking agents on some physicochemical, textural and sensory properties of milk chocolate. *Journal of Texture Studies*, 40(5): 536–553.
- Fernandes VA, Müller AJ, Sandoval AJ (2013). Thermal structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *Journal of Food Engineering*, 116(1): 97-108.
- Fernandez-Murga L, Tarín JJ, García-Perez MA, Cano A (2011). The impact of chocolate on cardiovascular health. *Maturitas*, 69(4): 312-321.
- Fischer A, Abubaker T, Hasselbarth A, Ulrich F (2010). Understanding The Impact of Conching on Chocolate Flavor Using a Combination of Instrumental Flavour Analysis and Tasting Techniques. *Expression of Multidisciplinary Flavour Science Proceedings of the 12th Weurman Symposium, Zurich, Switzerland*, 309-312.
- Foubert I (2003). *Modelling Isothermal Cocoa Butter Crystallization: Influence of Temperature and Chemical Composition*. University Gent, Doctor of Biological Sciences. Chemistry Thesis, 7-90.
- Fradique M, Batista AP, Nunes MC, Gouveia L, Bandarra NM, Raymundo A (2013). *Isochrysis galbana* and *Diacronema vlkianum* biomass incorporation in pasta products as PUFA's source. *LWT – Food Science and Technology*, 50: 312-319.

- Franke K, Tschuschner HD (1991). Modelling of the continuous high shear rate conching process for chocolate. *Journal of Food Engineering*, 14: 103-115.
- Garcia-Segovia P, Pagan-Moreno MJ, Lara IF, Martinez-Monzo J (2017). Effect of microalgae incorporation on physicochemical and textural properties in wheat bread formulation. *Food Science and Technology*, 23(5): 437-447.
- Gharsallaoui A, Roudaut G, Chamoine O, Voilley A, Saurel R (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview, *Food Research International*, 40:1107-1121.
- Glicerina V, Balestra F, Dalla Rosa M, Romani S (2013). Rheological, textural and colorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, 119: 173-179.
- Glicerina V, Romani S (2016). Advances in Yield Stress Measurements for Chocolate. In Ahmed J, Ptaszek P, Basu J (Ed.) *Advances in Food Rheology and Its Applications* Woodhead Publishing, Cambridge, UK, 459-481.
- Hartel RW (1991). Crystallization processes. *The Manufacturing Confectioner*, 71(8):61-6.
- Hartel RW (2001). *Crystallization in Food*. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, USA.
- Hartel RW, Von Elbe JH, Hofberger R (2018). *Confectionery Science and Technology*. Springer International Publishing AG.
- Hatcher DW, Symons SJ, Manivannan U (2004). Developments in the use of image analysis for the assessment of oriental noodle appearance and colour, *Journal of Food Engineering*, 61: 109-117.
- Hooper L, Kay C, Abdelhamid A, Kroon PA, Cohn JS, Rimm EB, Cassidy A (2012). Effects of chocolate, cocoa, and flavan-3-ols on cardiovascular health: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 95: 740-751.
- Horrobin DF (1999). Lipid metabolism, human evolution and schizophrenia, *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 60(5-6): 431-437.
- Hu Q (2004). Environmental effects on cell composition, in *Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology*, Richmond, A. (Eds), Blackwell publishing company, 83-93.
- Ibanez E, Cifuentes A (2013). Benefits of using algae as natural sources of functional ingredients, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(4): 703-709.
- Jackson K (1999). Recipes. In S. T. Becket (Ed.). *Industrial chocolate manufacture and use* (3rd ed.). UK: Oxford: Blackwell Science, 323-346.

- Jahns G, Nielsen HM, Paul W (2001). Measuring image analysis attributes and modelling fuzzy consumer aspects for tomato quality grading, *Computers and Electronics in Agriculture*, 31: 17-29.
- Jolly MS, Blackburn S, Beckett ST (2003). Energy reduction during chocolate conching using a reciprocating multihole extruder. *Journal of Food Engineering*, 59: 137-142.
- Jovanovic O, Pajin B (2004). Influence of lactic acid ester on chocolate quality, *Trends in Food Science and Technology*, 15: 128-136.
- Katz DL, Doughty K, Ali A (2011). Cocoa and chocolate in human health and disease. *Antioxidants and Redox Signaling*, 15: 2779-2811.
- Kay CD, Kris-Etherton PM, West SG (2006). Effects of antioxidant-rich foods on vascular reactivity: review of the clinical evidence. *Current Atherosclerosis Reports*, 8: 510-522.
- Khairy HL, Saadon AF, Zzaman W, Yang TA, Easa AM (2018). Identification of flavor compounds in rambutan seed fat and its mixture with cocoa butter determined by SPME-GCMS. *Journal of King Saud University – Science*, 30: 316-323.
- Kieran Keogh M, Murray CA, O’Kennedy BT (2003). Effects of selected properties of ultrafiltered spray-dried milk powders on some properties of chocolate, *International Dairy Journal*, 13: 719-726.
- Kinandari D (2013). Formulasi marshmallow spirulina dan kerusakan mikrobiologis selama penyimpanan, 19(3): 79-82.
- Konar N (2013). Influence of Conching Temperature and Some Bulk Sweeteners on Physical and Rheological Properties of Prebiotic Milk Chocolate Including Containing Inulin, *European Food Research and Technology*, 23: 135-143.
- Konar N, Oba S, Toker OS, Palabiyik İ, Goktas H, Artik N, Sagdic O (2017). Rapid tempering of sucrose-free milk chocolates by β V seeding: textural, rheological and melting properties. *European Food Research and Technology*, 243(10): 1849-1860.
- Konar N, Toker OS, Pirouzian HR, Oba S, Polat DG, Palabiyik İ, Poyrazoglu ES, Sagdic O (2018). Enrichment of Milk Chocolate by Using EPA and DHA Originated from Various Origins: Effects on Product Quality. *Sugar Tech*: 20(45): 745-755.
- Kurniawan A, Winarni Agustini T, Rianingsih L (2016). Pengaruh penambahan Spirulina platensis powder terhadap karakteristik marshmallow, *Prossing Seminar Nasional Tahunan Ke-V Halil*, 474-485.
- Lamuela-Raventos RM, Romero-Perez AI, Andres-Lacueva C, Tornero A (2005). Review: Health effects of cocoa flavonoids. *Food Science and Technology International*, 11: 159-176.
- Lawless HT, Heymann H (1998). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*, Chapman&Hall, New York, USA.

- Leach G, Oliveira G, Morais R (1998). Spray-drying of *Dunaliella salina* to Produce a Beta-Carotene Rich Powder, *J Ind Microbio Biotechnol*, 20: 82-85.
- Loisel C, Keller G, Lecq G, Launay B, Ollivon M (1997). Tempering of Chocolate in a Scraped Surface Heat Exchanger. *Journal of Food Science*, 62(4):773–780.
- Lonchampt P, Hartel RW (2004). Fat Bloom in Chocolate and Compound Coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology* 106: 241–274.
- Lucisano M, Casiraghi E, Mariotti M (2006). Influence of formulation and processing variables on ball mill refining of milk chocolate, *European Food Research and Technology*, 223: 797–802.
- Macosko CW (1994). *Rheology Principles, Measurements, and Applications*, Wiley-VCH, New York, 550.
- Martin FJ, Rezzi S, Trepap EP, Kamlage B, Collino S, Leibold E, Kastler J, Rein D, Fay LB, Kochhar S (2010). Metabolic effects of dark chocolate consumption on energy, gut microbiota and stress-related metabolism in free-living subjects. *Journal of Proteome Research*, 8: 5568-5579.
- Maruyama I, Nakamura T, Matsubayashi T, Ando Y, Naeda T (1986). Identification of the alga known as ‘marine chlorella’ as a member of the Eustigmatophyceae. *Japan Journal of Phycology*, 34: 319-325.
- Maruyama I, Nakao T, Shigeno I, Ando I, Hirayama K (1997). Application of unicellular algae *Chlorella vulgaris* for the massculture of marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia*, 358: 133–138.
- McGuire RG (2002). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27(12): 1254-1255.
- Metin S, Hartel RW (1998). Thermal analysis of isothermal crystallization kinetics in blends of cocoa butter or milk fat fractions. *Journal of America Oil Chemist Society*, 75(11): 1617-1624.
- Mexis SF, Badeka AV, Riganakos KA, Kontominas MG (2010). Effect of active and modified atmosphere packaging on quality retention of dark chocolate with hazelnuts. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 177-186.
- Minifie BW (1989). *Chocolate, Cocoa and Confectionery*, In, *Science and Technology*. London: Chapman ve Hall.
- Mohos F (2010). *Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications*. Chapter 10/ Crystallization. Wiley Blackwel/ UK.
- Morato PN, Rodrigues JB, Moura CS, Drummond e Silva FG, Esmerino EA, Gruz AG, Bolini HMA, Amaya-Farfan J, Lollo PCB (2015). Omega-3 enriched chocolate milk: A functional drink to improve health during exhaustive exercise. *Journal of Functional Foods*, 14:676-683.

- Morist A, Montesinos JL, Cusido JA, Godia F (2001). Recovery and Treatment of *Spirulina plantensis* Cells Cultured in a Continuous Photobioreactor to used as Food, *Process Biochemistry*, 37: 535-547.
- Morris CW, Boddy L, Wilkins MF (2001). Effects of missing data on RBF neural network identification of biological taxa: Discrimination of microalgae from flow cytometry data. *International Journal of Smart Engineering System Design*, 3: 195-202.
- Nelson RB (1988). Temperers, Enrobers, Moulding Equipment and Coolers. In: *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, Beckett S T (ed.), Blackie ve Son, Glasgow, London, UK.
- Oba S, Toker OS, Palabiyik İ, Konar N, Goktas H, Cukur Y, Artik N, Sagdic O (2017). Rheological and melting properties of sucrose-free dark chocolate. *International Journal of Food Properties*, 20 (sup2): 2096-2106.
- Olaizola M (2003). Commercial developments of microalgal biotechnology: from test tube to the marketplace, *Biomolecular Engineering*, 20: 459-466.
- Otles S, Pire R (2001). Fatty acid composition of *Chlorella* and *Spirulina* microalgae species, *Journal of AOAC International*, 84: 1708-1714.
- Owens TG, Gallagher JC, Alberte RS (1987). Photosynthetic lightharvesting function of violaxanthin in *Nannochloropsis* spp. (Eustigmatophyceae). *Journal of Phycology*, 23: 79-85.
- Owusu M, Petersen MA, Heimdal H (2012). Effect of Fermentation Method Roasting and Conching Conditions on the Aroma Volatiles of Dark Chocolate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36:446-456.
- Owusu M, Petersen MA , Heimdal H (2013). Relationship of sensory and instrumental aroma measurements of dark chocolate as influenced by fermentation method, roasting and conching conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 50(5): 909-917.
- Palabiyik I, Durmaz Y, Oner B, Toker OS, Coksari G, Konar N, Tamturk F (2017). Using Spray Dried Microalgae as a Natural Colouring Agent in Chewing Gum: Effects on Colour, Sensory and Textural Properties, *Journal of Applied Phycology*, 30(2): 1031-1039.
- Partmore JV, Goff HD, Fernandes S (2003). Cryo-gelation of galactomannans in ice cream model systems. *Food Hydrocolloid*, 17: 161-169.
- Periche A, Heredia A, Escrihe I, Andres A, Castello ML (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT – Food Science and Technology*, 62:605-612.
- Prawira M, Barringer SA (2009). Effects of Conching Time and Ingredients on Preference of Milk Chocolate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 571-589.

- Rezende NV, Benassi MT, Vissotto FZ, Augusto PPC, Grossman MVE (2015). Mixture design applied for the partial replacement of fat with fibre in sucrose-free chocolates. *LWT – Food Science and Technology*, 62: 598-604.
- Richter K (2009). Tempering process technology. In *Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*, Talbott, G (eds). CRC press, New York.
- Robertson RC, Mateo MRG, O’Grady MN, Guiheneuf F, Stengel DB, Ross RP, Fitzgerald GF, Kerry JP, Stanton C (2016). An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalgae *Pavlova lutheri*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37: 237-246.
- Rodolfi L, Zittelli GC, Barsanti L, Rosati G, Tredici MR (2003). Growth medium recycling in *Nannochloropsis* sp. mass cultivation. *Biomolecular Engineering* 20: 243-248.
- Saka, EK (2011). The Design of Packaging Graphics for the expansion of Ghanaian Chocolate products. Graduate Theses and Dissertations. Iowa State University, US.
- Sarada R, Pillai MG, Ravishankar GA (1999). Phycocyanin Yield Analysis of Efficiency of Extraction Methods and Stability Studies on Phycocyanin, *Process Biochemistry*, 34: 795-801.
- Satyanarayana KG, Mariano AB and Vargas JVC (2011). A review on microalgae, a versatile source for sustainable energy and materials, *International Journal of Energy Resources*, 35:291–311.
- Schantz B, Rohm H (2005). Influence of lecithin-PGPR blends on the rheological properties of chocolate, *LWT - Food Science and Technology*, 38:41-45.
- Schenk H, Peschar R (2004). Understanding The Structure of Chocolate. *Radiation Physics and Chemistry*, 71: 829–35.
- Schumacher AB, Brandelli A, Schumacher EW, Macedo FC, Pietai L, Klug TV, De Jong, EV (2009). Development and evaluation of a laboratory scale conch for chocolate production. *International Journal of Food Science and technology*, 44: 616-622.
- Servais C, Ranc H, Roberts ID (2004). Determination of chocolate viscosity, *Journal of Texture Studies*, 34(5-6): 467-497.
- Shadwell N, Villalobos F, Kern M, Hong MY (2013). Blooming reduces the antioxidant capacity of dark chocolate in rats without lowering its capacity to improve lipid profiles. *Nutrition Research*, 33: 414-421.
- Shah AS, Jones GP, Vasiljevic T (2010). Sucrose-free chocolate sweetened with *Stevia rebaudiana* extract and containing different bulking agents effects on physicochemical and sensory properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 1426-1435.

- Shouridah M, Taslimi A, Azizi MH, Mohammadifar MA (2012). Effects of D-tagatose and inulin of some physicochemical, rheological and sensory properties of dark chocolate, *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2(5):314-319.
- Simonopoulos AP (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54: 438-463.
- Singh RP, Heldman DR (2001). *Introduction to food engineering*. (3rd ed.). London, England: Academic Press.
- Slettengren K (2010). Crack Formation in Chocolate Pralines. Chalmers University Of Technology. Master Of Science Thesis in The Master Degree Programme Biotechnology.
- Smith K, W Zand, I, Talbot G (2008). Effect of Antibloom Fat Migration From A Nut Oil Filling On The Polymorphic Transformation of Cocoa Butter. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 1602–1605.
- Smith HJ (2011). Theobromine and the pharmacology of cocoa. In: Fredholm, B.B. (Ed.), *Methylxanthines, Handbook of Experimental Pharmacology*, Springer, Berlin/Heidelberg, 201-234.
- Sokolov AN, Pavlova MA, Klosterhalfen S, Enck P (2013). Chocolate and the brain: Neurobiological impact of cocoa flavanols on cognition and behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37: 2445-2453.
- Sokoulis C, Tzia C (2018). Grape, raisin and sugarcane molasses as potential partial sucrose substitutes in chocolate ice cream: A feasibility study. *International Dairy Journal*, 76: 18-29.
- Sokmen A, Gunes G (2006). Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT-Food Science and Technology*, 39: 1053–1058.
- Soukoulis C, Fisk I (2016). Innovative and Emerging Technologies for Controlling Ice Recrystallization, Texture, and Structure Stability in Frozen Dairy Desserts: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56 (15): 2543-2559.
- Subramaniam PJ (2007). Determining shelf-life of confectionery products. *Manufacturing Confectioner*, 87(6): 85–91.
- Sukenik A, Carmeli Y, Berner T (1989). Regulation of fatty acid composition by irradiance level in the Eustigmatophyte *Nannochloropsis* sp. *Journal of Phycology*, 25: 686–692.
- Svanberg L, Ahrne L, Loren N, Windhab E (2011). Effect of sugar, cocoa particles and lecithin on cocoa butter crystallization in seeded and non-seeded chocolate model systems. *Journal of Food Engineering*, 104: 70-80.
- Tan J, Balasubramanian BM (2017). Particle size measurements and scanning electron microscopy (SEM) of cocoa particles refined/conched by conical and cylindrical roller stone melangers. *Journal of Food Engineering*, 212: 146-153.

- Tan J, Balasubramanian BM (2017). Particle size measurements and scanning electron microscopy (SEM) of cocoa particles refined/conched by conical and cylindrical roller stone melangers. *Journal of Food Engineering*, 212: 146-153.
- Toker OS, Sagdic O, Şener D, Konar N, Zorlucan T, Dağlıoğlu O (2016). The influence of particle size on some physicochemical, rheological and melting properties and volatile compound profile of compound chocolate and cocolin samples. *European Food Research and Technology*, 242(8): 1253-1266.
- Toker OS, Zorlucan FT, Konar N, Dağlıoğlu, O, Sagdic O, Şener D (2017). Investigating the effect of production process of ball mill refiner on some physical quality parameters of compound chocolate: response surface methodology approach. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(3): 788-799.
- Toker OS, Konar N, Palabiyik I, Pirouzian HR, Oba S, Polat DG, Poyrazoglu ES, Sagdic O (2018). Formulation of dark chocolate as a carrier to deliver eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids: Effects on product quality. *Food Chemistry*, 254: 224-231.
- Torres-Moreno M, Tarrega A, Costell E, Blanch C (2012). Dark chocolate acceptability: influence of cocoa origin and processing conditions, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92: 404-411.
- Tredici MR, Chini Zittelli G (1997). Cultivation of *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* in flat plate reactors, *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, cell-biology and biotechnology. Taylor and Francis, London.
- Varela P, Pintor A, Fiszman S (2014). How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 36: 220-228.
- Vavreck AN (2004). Flow of molten milk chocolate from an efflux viscometer under vibration at various frequencies and displacements, *International Journal of Food Science and Technology*, 39(4): 465-468.
- Viaene J, Januszewska R (1999). Quality function deployment in the chocolate industry, *Food Quality and Preference*, 10: 377-385.
- Volkman JK, Brown MR, Dunstan GA, Jeffrey SW (1983). The biochemical composition of marine microalgae from the class Eustigmatophyceae. *Journal of Phycology*, 29: 69–78.
- Volkman JK, Farmer CL, Barrett SM, Sikes EL (1997). Unusual dihydroxysterols as chemotaxonomic markers for microalgae from the order Pavloales (Haptophyceae). *Journal of Phycology*, 33: 1016–1023.
- Wolf B (2017). Chocolate Flow Properties. In Stephen T. Beckett, Mark S. Fowler, Gregory R. Ziegler (Ed.), *In Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use* (5th edition), West Sussex, UK, Wiley Blackwell.
- Wüstenberg T (2015). General overview of food hydrocolloids. In *Cellulose and cellulose derivatives in the food industry fundamentals and applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH.

Ziegler G, Hogg R (1999). Particle size reduction, In: Industrial chocolate manufacture and use, Beckett ST. (Ed.), Chapman and Hall, New York, USA.

Zittelli G, Rodolfi L, Tredici MR (2004). Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products- species of high potential, in Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology, Richmond, A. (Eds), Blackwell Publishing Company.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Derya GENÇ POLAT
Doğum Yeri : ZARA
Doğum Tarihi : 05.10.1983
Medeni Hali : EVLİ
Yabancı Dili : İNGİLİZCE

Eğitim Durumu

Lise : İSTANBUL HAYDARPAŞA ANADOLU LİSESİ (1997-2001)
Lisans : BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ (2002-2006)
Yüksek Lisans : TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ (2017-2019)

Çalıştığı Kurumlar

TAYAŞ GIDA SANAYİ VE TİCARET A.Ş, ARGE MÜDÜRÜ, 2006-Devam ediyor

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

- N. Konar, O.S. Toker, H. Rasouli Pirouzian, S. Oba, D. Genc Polat, I. Palabiyik, E.S. Poyrazoglu, O. Sagdic. Enrichment of Milk Chocolate by Using EPA and DHA Originated from Various Origins: Effects on Product Quality. SugarTech, 20(6), 745-755.
- N. Konar, I. Palabiyik, O.S. Toker, D. Genc Polat, E. Kelleci, H. Rasouli Pirouzian, A. Akcicek, O. Sagdic. Conventional and Sugar-Free Probiotic White Chocolate: Effect of Inulin DP on Various Quality Properties and Viability of Probiotics. Journal of Functional Foods, 43, 206-213, 2018
- O.S. Toker, N. Konar, I. Palabiyik, H. Rasouli Pirouzian, S. Oba, D. Genc Polat, E.S. Poyrazoglu, O. Sagdic, "Formulation of Dark Chocolate as a Carrier to Deliver Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic Acids: Effects on Product Quality" Food Chemistry, 254, 224-231, 2018
- O.S. Toker, N. Konar, H. Rasouli Pirozian, S. Oba, D. Genc Polat, I. Palabiyik, E.S. Poyrazoglu, O. Sagdic, "Developing Functional White Chocolate by Incorporating Different Forms of EPA and DHA- Effects on Product Quality." LWT- Food Science and Technology, 87, 177-185, 2018.
- O.S. Toker, D. Genc Polat, O.G. Gulfidan, N. Konar, I. Palabiyik, A. Akcicek, E.S. Poyrazoglu, O. Sagdic, "Stability of Lactic Acid Bacteria in Synbiotic Sugared and Sugar-Free Milk Chocolates.", International Journal of Food Properties, 20 (sup2), 1354-1365, 2017
- N. Konar, I. Palabiyik, O.S. Toker, D. Genc Polat, S. Sener, A. Akcicek, O. Sagdic, "Effect of Inulin DP on Various Properties of Sugar-Free Dark Chocolates Containing Lactobacillus paracasei and Lactobacillus acidophilus", International Journal of Food Engineering, 13(9), doi: 10.1515/ijfe-2017-0045, 2017.

Toker, O.S., Raouli Pirouzian, H., Konar, N., Genc Polat, D. 2018. β V Seeding As An Alternative Pre-Crystallization Technique In Synbiotic Milk Chocolate Production. The Journal of Food. 43(3), 422-431.

Ulusal ve Uluslararası Kongrelerde Sunulan Bildiriler

Toker, O.S., Akcicek, A., Genc Polat, D., Konar, N., Yetim, H. 2018. Using Seeding Technique in Synbiotic White Chocolate Including Lactobacillus acidophilus, Low DP Inulin and Maltitol as Bulk Sweetener. The 4th International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus”. April, 19-21, Northern Cyprus (Oral Presentation).

O.S. Toker, D. Genc Polat, S. Oba, N. Konar, O. Sagdic, N. Artik. Functional Chocolate and Chocolate Products: Reality or Fiction. 18-21 April 2016, 15th International Cereal and Bread Congress, Istanbul, Turkey, pp. 96 (Oral Presentation)

N. Konar, O.S. Toker, B. Ozhan, E.S. Poyrazoglu, D. Genc Polat, N. Artik, O. Sagdic. Using Some Hydrocolloids in Milk Chocolate as Prebiotic Agent: Interaction Between Process Conditions and Rheological Parameters. 2nd Food Structure and Functionality Forum Symposium - From Molecules to Functionality, 28 February – 2 March 2016, Singex, Singapore (Poster Presentation)

Uluslararası Kitap Bölümü

N. Konar, O.S. Toker, I. Palabiyik, D. Genc Polat, S. Oba, O. Sagdic, 2018. Importance of Chocolates in Functional Foods: Formulation, Production Process and Potential Health Benefits, in Bioprocessing Technology in Food and Health. Editors- Deepak Kumar Verma, Ami Patel and Prem Prakash Srivastav, Apple Academic Press-CRC Press, NJ, USA