

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİKOLATA KAPLI GOFRET ÜRETİMİNDE KULLANILAN FARKLI
REOLOJİK ÖZELLİKLERDEKİ ÇİKOLATANIN SON ÜRÜN
KALİTESİNE ETKİSİ**

Gökşen IŞIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Ömer Said TOKER

Haziran, 2020

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇİKOLATA KAPLI GOFRET ÜRETİMİNDE KULLANILAN FARKLI
REOLOJİK ÖZELLİKLERDEKİ ÇİKOLATANIN SON ÜRÜN
KALİTESİNE ETKİSİ

Gökşen IŞIK tarafından hazırlanan tez çalışması çalışması 30.06.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Ömer Said TOKER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ömer Said TOKER, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Salih KARASU

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nevzat KONAR

Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Ömer Said TOKER sorumluluğunda tüm numunelerin tarafımda hazırlandığını, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Gökşen IŞIK

İmza

X

TEŞEKKÜR

Lisans, Yüksek lisans eğitimim ve iş hayatım boyunca her türlü desteğini ve değerli görüşlerini benimle paylaşan, her koşulda daha iyisini yapabilmem için beni cesaretlendiren ve elinden gelen her yardımı benimle paylaşan saygıdeğer tez danışmanı hocam Sayın Doç. Dr. Ömer Said TOKER'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans, Yüksek lisans eğitimim ve iş hayatım boyunca hem bir arkadaş hem çok kıymetli bir hocam olarak her daim bana klavuzluk eden Sayın Öğr. Gör. Dr. Ruşen Metin Yıldırım'a teşekkürlerimi sunarım.

Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümü arkadaşlarımdan Elif Yakışık'a ve Kübra Bursa'ya teknik destekleri ve yardımları için teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm eğitim ve öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, bana olan inançlarıyla beni her zaman cesaretlendiren sevgili ailelerime ve ayrıca her daim yanımda olan benimle ders çalışıp bu tezi tamamlayabilmem için bana en büyük desteği sağlayan, tüm zorlukları aşabilmem için beni motive eden ve cesaretlendiren sevgili nişanlım Tayfur Ertural'a tüm emekleri için içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Gökşen IŞIK

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Orjinal Katkı.....	4
2 KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Çikolatanın Tarihçesi	5
2.2 Çikolatanın Tanımı ve Genel Bilgiler.....	6
2.3 Çikolata Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	6
2.3.1 Kakao	6
2.3.2 Şeker	12
2.3.3 Süt Bazlı Hammaddeler	12
2.3.4 Emülgatörler.....	13
2.3.5 Kakao Yağı ve Diğer yağlar	16
2.4 Çikolata ve Ürünlerinin Üretim Prosesi.....	19

2.4.1 Karıştırma.....	20
2.4.2 İnceltme.....	20
2.4.3 Konçlama	21
2.4.4 Temperleme.....	21
2.4.5 Kalıplama , Soğutma ve Depolama.....	22
2.5 Çikolata Kaplı Gofret Üretiminde Kullanılan Çikolatanın Kalite Parametreleri	23
2.5.1 Renk.....	23
2.5.2 Reoloji	24
2.5.3 Tekstür.....	26
2.5.4 Erime	27
2.5.5 Duyusal Özellikler	27
3 MATERYAL VE METOT	28
3.1 Materyal	28
3.1.1 Bitter Çikolata Örneklerinin Hazırlanması.....	28
3.1.2 Bitter Çikolata Kaplı Gofret Örneklerinin Hazırlanması.....	29
3.2 Metot.....	31
3.2.1 Çikolata Örneklerine Uygulanan İşlemler	31
3.2.2 Çikolata Kaplı Gofret Örneklerine Uygulanan Analizler	32
3.3. İstatistiksel Analizler.....	33
4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1 Çikolata Örneklerinin Kalite Özellikleri.....	35
4.1.1 Çikolataların Reolojik Özellikleri.....	35
4.1.2 Erime Özelliklerinin Sonuçları	41
4.2 Çikolata Kaplı Gofret Örneklerine Uygulanan Analizlerin Sonuçları	42

4.2.1 Gofret Kaplama Oranlarının Sonuçları.....	42
4.2.2 Renk Analizinin Sonuçları.....	46
4.2.3 Duyusal Özelliklerin Sonuçları.....	48
4.2.4 Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi.....	51
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	59
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	64



SİMGE LİSTESİ

τ_0	Akma basıncı
R^2	Determinasyon katsayısı
g	Gram
h	Hue açısı
τ	Kayma basıncı
γ	Kesme hızı
a^*	Kırmızılık- yeşillik
C^*	Kroma
Li	Linoleik asit
b^*	Mavilik-sarılık
μ l	Mikrolitre
μ m	Mikrometre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
N	Newton
O	Oleik asit
P	Palmitik asit
Pa	Pascal
η_{pl}	Plastik viskozite
s	Saniye
$^{\circ}$ C	Santigrat derece
St	Stearik asit
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

PGPR	Poligliserol polirisinolat
ICCO	Uluslararası Kakao Örgütü
ICA	Uluslararası Şekerleme Derneği
AB	Avrupa Birliği
CBA	Kakao yağı alternatifleri
CBE	Kakao yağı eşdeğerleri
CBR	Kakao yağı yerine kullanılabilenler
CBS	Kakao yağı ikameleri
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
T_{ilk}	Erimenin başladığı sıcaklık
T_{pik}	Erimenin maksimum olduğu sıcaklık
T_{son}	Erimenin bittiği sıcaklık
PST	Peyniraltı suyu tozu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1	Kakao ağaçları ve olgunlaşmış kakao meyvesi görselleri	7
Şekil 2.2	Kakao çekirdeklerinin muz yaprakları arasında fermantasyonu	10
Şekil 2.3	Şeker molekülü etrafında ki lesitin şematik gösterimi (Beckett, 2008).....	14
Şekil 2.4	Kakao yağı kristal yapıları ve erime sıcaklıkları (Beckett, 2008)	18
Şekil 3.1	Çikolata kaplı gofret üretiminde kullanılan kaplama ünitesi ve tünel.....	30
Şekil 4.1	Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın akış davranış grafiği	36
Şekil 4.3	Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın kesme hızına karşı viskozite grafiği	37
Şekil 4.5	Emülgatör miktarına göre çikolata kaplama yüzdelерinin değışimi	43
Şekil 4.6	Farklı Emülgatör Yüzdeleri ile Kaplanmış Ürünlerin Kesit Görselleri.....	44
Şekil 4.7	Reolojik parametreler ve çikolata kaplama oranı arasındaki korelasyon (σ_0 : Akma basıncı, η_{pl} : plastik viskozite).....	45
Şekil 4.8	Duyusal analiz sonuçları örümcek ağı diyagramı	49
Şekil 4.9	Farklı konsantrasyonlarda oluşturulmuş çikolata kaplı gofret örneklerinin üstten görünümü.....	50

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Batı Afrika’da yetiştirilen fermente olmamış kakao çekirdeğinin bileşimi (Rohan 1963, Reineccius ve ark. 1972).....	8
Tablo 2.1 Batı Afrika’da yetiştirilen fermente olmamış kakao çekirdeğinin bileşimi (Rohan 1963, Reineccius ve ark. 1972) (devamı)	9
Tablo 2.2 Fermente kakao çekirdeklerinin kompozisyonu (Kattenberg ve Muijnck, 1993).....	12
Tablo 3.1 Kaplamada Kullanılan Standart Çikolata Reçetesi.....	29
Tablo 3.2 Çikolata Örneklerinin Birleşimi	29
Tablo 4.1 Farklı Konsantrasyonlarda Lesitin İçeren Çikolata Örneklerinin Casson Model Parametreleri.....	38
Tablo 4.2 Farklı Konsantrasyonlarda PGPR İçeren Çikolata Örneklerinin Casson Model Parametreleri.....	39
Tablo 4.3 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolata kaplamanın reolojik parametrelerine etkisi.....	39
Tablo 4.4 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplamanın reolojik parametrelere etkisi.....	40
Tablo 4.5 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın erime özelliklerine etkisi.....	41
Tablo 4.5 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın erime özelliklerine etkisi(devamı).....	42
Tablo 4.6 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolatanın erime özelliklerine etkisi.....	42
Tablo 4.7 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın renk özelliklerine etkisi.....	46
Tablo 4.8 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolatanın renk özelliklerine etkisi.....	47
Tablo 4.9 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolata kaplamanın renk özelliklerine etkisi.....	47
Tablo 4.10 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplamanın renk özelliklerine etkisi.....	48
Tablo 4.11 Farklı konsantrasyonlarda lesitin içeren çikolata kaplı gofret örneklerine ait duyu analizi sonuçları.....	48

Tablo 4.12 Farklı konsatrasyonlarda PGPR içeren çikolata kaplı gofret örneklerine ait duyuşal analiz sonuçları.....	49
Tablo 4.13 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolata kaplamanın tekstürel özelliklerine etkisi	51
Tablo 4.14 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplamanın tekstürel özelliklerine etkisi	51
Tablo 4.15 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının son ürünün tekstürel özelliklerine etkisi.....	52
Tablo 4.16 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının son ürünün tekstürel özelliklerine etkisi.....	53



Çikolata Kaplı Gofret Üretiminde Kullanılan Farklı Reolojik Özelliklerdeki Çikolatanın Son Ürün Kalitesine Etkisi

Gökşen IŞIK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ömer Said TOKER

Çikolata, her yaş grubu tüketici tarafından sevilerek tüketilen ve tüketimi gün geçtikçe artan yağ bazlı özel bir üründür. Kuvertür, pul, spesiyal, tablet ve çikolata kaplı ürünler gibi bir çok formu bulunan çikolatanın tüm bu ürünler için üretim prosesi açısından farklı reolojik özelliklere sahip olması gerekmektedir. Çikolata kaplı gofret ürünü tüketiciye farklı lezzetleri bir arada sunması yönüyle diğer çikolatalı ürünler arasından ayrılan bir çeşittir. Çikolatanın reolojik özellikleri, son ürün kalite özellikleri ve kaplama prosesi açısından önemlidir. Bu çalışmada çikolata reolojik özelliklerini modifiye etmek için farklı konsantrasyonlarda ayçiçek lesitini (0,0-0,8g/100g) ve PGPR (0,0-0,2g/100g) kullanılmış ve üretilen çikolata örnekleri ile kaplanan gofretlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Üretilen çikolata kaplamalarının reolojik davranışını Casson model en iyi şekilde açıklamıştır. Genel olarak ürün formülasyonunda lesitin miktarının

artması plastic viskozite değeri azalmaya sebep olmuşken PGPR miktarındaki artış akma noktasında (yield stress) azalmaya neden olmuştur. Standart proses ve reçete ile endüstriyel makinelerde üretilmiş gofret numuneleri daldırma yöntemi ile farklı lesitin ve PGPR içeriğine sahip temperlenmiş bitter çikolatalar ile kaplanmış ve tel hızı, tünel hızı ve sıcaklığı, üfleme hızı, ve bekleme süresi gibi parametreleri sabit tutulan 10 °C'deki soğutma tüneline 10 dakika sertleşmesi için bekletilmiştir. Bu işlem sonrasında örneklerin öncelikli olarak kaplama oranları incelenmiş ve %0 lesitin içeren çikolata kaplı gofret ile %0,4 oranında lesitin içeren çikolata kaplı gofretin kaplama oranları arasında %16,5'lik fark meydana geldiği ve bu konsantrasyona kadar lesitin oranı arttıkça çikolata kaplama oranının azaldığı gözlenmiştir. %0,5 lesitin ile % 0,8 arasında lesitin ilave edilmiş örnekler incelendiğinde ise lesitin oranı arttıkça kaplama oranının tekrar arttığı ve kaplama oranının %12,6'ya yükseldiği gözlemlenmiştir. Kaplama oranı ile reolojik parametreler arasında korelasyon yapıldığında, akma noktası ile kaplama oranı arasında pozitif yönde güçlü korelasyon tespit edilmiştir ($r=0,8716$). Sonuç olarak bu çalışma ile çikolatanın reolojik özelliklerinin doğrudan kaplama oranlarını değiştirdiği, duyu özellikleri açısından bakıldığında ise yeme ve çiğneme kalitesinde farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir. Arzu edilen kalite özelliklerine sahip kaplanmış ürün üretimi için ürün formülasyonunda kullanılan emülgatör çeşit ve konsantrasyonuna bağlı olarak kaplama reolojik özelliklerinin modifiye edilerek optimize edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çikolata, gofret, reoloji, lesitin, PGPR

The Effects Of Rheological Properties Of Chocolate Used In Coated Wafer On Quality Of The End Product

Gökşen IŞIK

Department of Food Engineering

M. Sc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Ömer Said TOKER

Chocolate is a special fat-based product consumed by consumers of all age groups and its consumption is increasing day by day. Chocolate which has many forms such as couverture, flakes, pralines, tablets and chocolate coated products must have different rheological properties in terms of production process for all these products. Chocolate coated wafer products are different from other chocolate products because it gives chance to taste different flavor together to the consumer. The rheological properties of chocolate are important in terms of end product quality and coating process. In this study, sunflower lecithin (0,0-0,8g/100g) and PGPR (0,0-0,2g/100g) was used to modify the rheological properties of chocolate and the physical, chemical and sensory properties of the wafers coated with chocolate samples were examined. Casson model well described the flow behavior of the chocolate. As increasing concentration of lecithin in the formulation caused to decrease in plastic viscosity value, increasing PGPR amount resulted in decreasing yield stress value. Wafer samples produced in industrial machines with standard process and recipe are covered with tempered dark chocolate with different lecithin

and PGPR content by dipping method and in the cooling tunnel at 10 °C whose parameters such as wire speed, tunnel speed and temperature, blowing speed, and waiting time are kept constant. minutes are allowed to harden. After this process, the coating ratios of the samples were examined firstly and it was observed that there was 16,5% difference between chocolate coated wafer containing 0% lecithin and chocolate coated wafer containing 0,4% lecithin. The chocolate coating ratio decreased as the lecithin ratio increased up to that concentration. When samples including lecithin between 0,5% lecithin and 0,8%, it was observed that as the lecithin ratio increased, the coating ratio increased again and the coating ratio increased to 12,6%. Strong positive correlation was observed between yield stress value and coating ratio($r=0,8716$). As a result, it was determined that the rheological properties of the chocolate directly influenced the coating rates and the sensory properties in terms of average score of general acceptability, appearance, taste, melting of chocolate in the mouth and crunchiness of wafer. In order to obtain the coated product with desired quality characteristics, the rheogical properties of the chocolate be used for coating aim should be optimized depending on type and concentration of the emulgators used in the formulation.

Key Words: Chocolate, wafer, rheology, lecithin, PGPR

1.1 Literatür Özeti

Çikolata, ilk keşfedildiği günden bugüne her yaş grubu tarafından sevilerek tüketilen çok özel ve eşsiz, yağ bazlı bir gıda ürünü olmuştur. Bunun ana nedeni çikolatanın çok farklı damak tatlarına hitap edebilmesi ve çok çeşitli formlarının bulunabilmesidir. Başlıca bitter, sütlü ve beyaz çikolata olmak üzere üç ana türü bulunan çikolata farklı hammaddeleri bir arada yapısında barındırarak son tüketiciye eşsiz ve farklı lezzetler sunmaktadır. Çikolata çeşidine bağlı olmakla birlikte şeker, kakao ve kakao türevi hammaddeler ile bazı süt ve süt bazlı bileşenleri (süt yağı, süt tozu, peynir altı suyu tozu ve laktoz) yapısında bulunduran ve çeşitli emülgatörler (lesitin, poligliserol polirisinolat- PGPR) ile yağ fazının içerisinde dispers edilmesi ile üretilen bir gıda maddesidir (Afoakwa ve ark., 2008a, Elkalyoubi ve ark. 2011). Çikolata kalitesini etkileyen bir çok faktör mevcuttur bunların başlıcası ürün formülasyonudur. Ürün yapısında bulunan kakao bileşenleri, şeker ve üründeki yağ yüzdesi ve bileşimi yapıyı etkileyen faktörlerin başında gelir. Aynı zamanda üretimde kullanılan ekipman çeşitleri ve uygulanan prosesler de kalite ve yapıyı doğrudan etkileyen faktörlerin başlıcalarıdır. Çikolata ürünlerinin üretim aşamaları genel olarak yapının sağlanabilmesi adına aynı basamaklar çerçevesinde ilerlemektedir. Bu basamaklar ana hatları ile hammaddelerin karıştırılması, inceltme, konçlanma ve temperleme gibi temel basamaklardan oluşmaktadır. Tüm bu basamaklar ürünün mikroyapısal özelliklerinin geliştirilmesini (partiküllerin kümeleşmesi, partikül boyutunun küçültülmesi, kakao yağının homojen dağılımının sabitlenmesi ve kakao yağının polimorf açısından sabitlenmesi) etkileyerek son ürün kalitesini belirlemektedir (Aguilera ve Stanley 1999, Aguilera ve ark. 2000, Glicerina ve ark. 2015a, Afoakwa ve ark. 2009). Çikolata ve türevi ürünlerin önemli kalite parametrelerinden olan tekstür, duyuşal özellikler, erime ve partikül boyutu, kullanılan hammaddeler,

uygulanan proses, uygulanan proses değişkenleri (sıcaklık, süre, ekipman türü) ve depolama koşulları gibi pek çok faktörden etkilenebilmektedir.

Çikolatanın eşsiz aroması ve yapısı çikolatanın bir çok ürün ile kombinasyonunun yapılmasına ve çok çeşitli ürünler ile birlikte tüketilmesine olanak sağlamıştır. Çikolata doğrudan bir gıda olarak tüketilebilirken, içecek olarak, kaplama hammaddesi olarak, farklı hammaddeler ile karışım yapılarak dolgu maddesi formunda, bir çok unlu mamülün hammaddesi veya yardımcı maddesi olarak, kullanılmakta ve farklı formlarda tüketicilere sunulmaktadır. (Alberts ve Cidell 2006, Donadini ve Fumi 2014).

Çikolatalı gofret ürünü tüketiciye farklı lezzetleri bir arada sunması yönüyle diğer çikolatalı ürünler arasından farklılaşan bir çeşittir. Gofret yaprakları genellikle çok sıcak iki plaka arasına hamurun dökülmesi ve pişirilmesi ile elde edilen, ortalama 2,5 mm (kalınlıkları 1mm-5mm arasında değişiklik göstermektedir) kalınlığa sahip pişmiş hamur ürünleridir. Gofret yaprakları narin, kırılğan ve hafif bir yapıya sahiptir. Sade ve dolgunsuz gofretlerin özgül ağırlığı 0,2 g/cm³ veya daha düşüktür. Gofretlerin gevrek oluşu pişirme sonrasında ürünün %1-2 aralığında düşük nem içermesinin bir sonucudur. Gofretlerin yapısındaki nem miktarı %6-7 civarında kaybolur ve ürün gevrekliğini kaybederek yumuşamaya başlar. Bu durumda gofret plakaları eğilir ve kıvrılır. Gofret ürünleri yapısı gereği oldukça higroskopik (nem çeken) durumdadır ve ürünler ambalajlanırken yüksek nem bariyerine sahip paketlemeye ihtiyaç duyarlar. TS7474 Gofret Standardına göre gofret ara kreması; 'yenilebilir yağ, şeker ve gerektiğinde nışta (TS 2970) ve/veya hububat ve baklagil unları, gerektiğinde süt ve süt ürünlerinden bazıları renklendiriciler ve katkı ve dolgu maddelerinden biri veya bir kaçının ilâvesiyle hazırlanan ürün' olarak tanımlanmalıdır. İstenilen ürün yüksekliğine göre iki kat gofret yaprağı arasına tek kat olacak şekilde ya da 3 kat gofret yaprağı arasına iki kat olacak şekilde sürülebilmektedir. Son ürün tadını doğrudan etkileyen gofret ara kreması çeşitli aroma ve renklerde olabilmektedir, bu özelliği ile gofret ürünlerinde çeşitliliği arttırıcı özelliği vardır.

Çikolata kaplı gofret üretiminde iki önemli ve hassas hammadde kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi higroskopik özeliği ile gofret yaprağı iken diğeri ve ana maliyet

unsuru olan çikolatadır. Çikolata kaplı ürünlerde, çikolatanın kombine edildiği ürünün sabit bir kaplama oranına sahip olması ve maliyetini çok fazla artırmamak için üründe kullanılan kaplama yüzdesi çok önemli bir parametre haline gelmektedir. ikolatanın reolojik özellikleri, son ürün kalite özellikleri ve kaplama prosesi açısından önemlidir. ikolatada gerekli akışkanlığı sağlamak ve belirlenen kaplama oranını tutturmak için çikolata akışkanlığının sabit tutulması gerekmektedir. Çikolata akışkanlığını etkileyen ve kaplama prosesini iyileştiren en önemli ham madde kakao yağıdır. Ancak kakao yağının pahalı bir hammadde olması ve kullanılan miktarın yüksek olması durumunda istenilen yapı sağlanabileceği için çikolata endüstrisinde alternatif hammaddeler kullanılmaktadır. Bu hammaddelerin başlıcaları emlgatrlerdir.

ikolatanın reolojik özelliklerinin module etmedeki rolü göreceli olarak küçük miktarlarda çikolataya uygun emülgatörlerin ürün reçetesine dahil edilmesi ile başarılabilir (Ghorbel ve ark., 2011). Lesitin ve poligliserol polirisinoleat (PGPR), ticari çikolata üretiminde çikolata kitlelerinin akış özelliklerini modifiye etmek için kullanılan başlıca emlgatrlerdir. Dağınık ve sürekli faz arasındaki arayüzey gerilimini düşürürler, nem ve sıcaklığa duyarlılığı, temperleme davranışını, yağ kusmasına yatkınlığı, yağ migrasyonunu ve oksidasyonu etkilerler (Schantz ve Rohm, 2005). Chevalley'e (1999) göre, %0,1-0,3 oranında kullanılan soya lesitini ilavesi, bu miktar eklenen kakao yağı miktarının yaklaşık 10 katı kadar aynı viskozite azaltma etkisine neden olur, böylece kakao yağı tasarrufu sağlayarak üretim maliyetlerini düşürür (Schantz ve Rohm, 2005). PGPR, lesitin ile birlikte çikolata kaplamalarının viskozitesini azaltmak için yaygın olarak kullanılır (Schantz ve Rohm, 2005; Mrquez ve ark., 2010). PGPR esas olarak çikolatanın akma sınırı (yield value) değerini düşürürken lesitin plastik viskoziteyi değiştirir. Uygulamaya bağlı olarak, optimum lesitin/PGPR karışımıları 2:1, 2.5:1 ve 3:1 ile verilmektedir (Schantz ve Rohm, 2005).

1.2 Tezin Amacı

Tez alışması kapsamında, çikolata kaplı gofret üretiminde kullanılan farklı reolojik özelliklerdeki çikolatanın son ürün kalitesine etkisi incelenmiştir.

Büyüyen bir sektör olan çikolata ve çikolata bazlı ürünler sektörüne yön verici bir çalışma olması amaçlanmıştır. Bu alışma sonucunda elde edilen bulgular, kullanılan çikolata özelliklerinin ürün kalite parametreleri üzerindeki etkilerini ve farklı oranlarda kullanılan emülgatörlerin çikolata kaplama formülasyonunda veya benzer ürünlerde kullanılabilme potansiyelini ortaya koyacaktır. Ayrıca, gıda endüstrisine ve bilimsel literatüre bu konularda önemli katkıların sağlanması hedeflenmektedir.

1.3 Orijinal Katkı

Bu tez kapsamında çikolata kaplı gofret ürünleri için yönlendirici bir çalışma oluşturulmuştur. Daha önce bu alanda neredeyse hiç türkçe kaynak olmaması ve literatür çalışmalarının çok az olması nedeniyle literatüre orjinal bir katkı sağlamıştır.

2.1 Çikolatanın Tarihçesi

Çikolatanın 4000 yılı aşkın uzun bir tarihi geçmişi bulunmaktadır. Çikolatanın ham maddesi olan kakao, ilk olarak Orta Amerika uygarlıklarından olan Olmek, Maya ve Aztekler tarafından kullanılmıştır. İlk çikolata içecek olarak bu bölgelerde hazırlanmış ve tüketilmiştir. Çikolata Aztec uygarlığında “xocoatl” kelimesi olarak ifade edilmiştir. Xocoatl kelimesi acı ve su kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Acı olarak ifade edilmesi, kakao çekirdeğinin acı tadı sebebiyledir ve o dönemlerde şeker ilavesiz olarak tüketilmiştir.

Maya uygarlığında kakao yalnızca tüketimiyle değil soylulara özel festival törenlerinde sosyal ve politik toplulukları bir araya getiren özelliğiyle de öne çıkmıştır. O dönemlerde evlilik ve bağlılık yemini törenlerinde ikram edilmiştir. Kakao bu toplumlar tarafından kralların içeceği olarak kabul edilmekte ve önemli ritüellerin başrolünde bulunmaktaydı. Daha sonra ise İspanyol kaşifler tarafından keşfedilmiştir, İspanyollar ise kakao içeceğinin sırrını kendilerine saklamışlardır ve Avrupa kakao pazarında tekel haline gelmişlerdir. 1600’lerin ortasına gelindiğinde ise Fransada kakao içeceği popülerite kazanmıştır. Zenginler arasında lezzet dolu ve sağlık veren bir içecek olarak övülmüştür. Londrada açılan kakao içeceği dükkanları İngilteredede yayılmıştır.

1900’lü yıllara kadar pahalı olan ve sadece varlıklı ailelerin tüketebildiği çikolata, 1900’lü yıllardan sonra çikolatanın 2 ana hammadde olan kakao ve şekerin fiyatlarının düşmesiyle orta sınıftan insanların tüketebileceği bir ürün haline gelmiştir. 1930 ve 1940’lı yıllarda Avrupa ve Amerika’da yeni ve ucuz hammaddelerin daha etkili yöntemlerle üretimi ortaya çıkmaya başlanmıştır (Afoakwa, 2010). Böylece çikolata gibi pahalı ürünlerin fiyatları zamanla herkes tarafından karşılanabilir seviyeye düşmüş ve tüketimi insanlar arasında yaygınlaşmıştır.

2.2 ikolatanın Tanımı ve Genel Bilgiler

Codex Alimentarius Commission'un tanımına göre çikolata; kako yağı, şeker, süt veya süt tozu, izin verilen katkı ve çeşni maddeleri, toz kakao ve/veya kakao kitlesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanan bir gıda maddesidir.

Çikolata, çeşidine göre yağ fazı içerisine homojen olarak dağılmış halde bulunan kakao ve kakao ürünleri, şeker, süt tozu, peyniraltı suyu tozu ve emülgatör (lesitin, PGPR) içeren yarı katı formunda emülsifiye gıda ürünüdür (Afoakwa, 2010). Dünyada giderek artan nüfus dağılımı ve farklı damak tatlarına olan ilginin artması ile gelişen teknolojik koşullar, ve çikolata fiyatlarının her tüketicisi gruplarına hitap edebilmesi amacıyla çikolata ürünlerinde çeşitlenmeler meydana gelmiştir. Tüm bu damak tatlarındaki çeşitlilik ve farklı zevkler çikolata ve ürünlerinde çok geniş yelpazede ürünler kullanılmasına sebep olmuştur.

2.3 Çikolata retiminde Kullanılan Hammaddeler

2.3.1 Kakao

Hala "food of the gods" yani tanrıların yiyeceğı olarak anılmasıyla birlikte 18. yüz yılda İsveçli botanikçi Carolus Linnaeus tarafından kakao ağıacına *Theobroma Cacao* adı verilmiştir. Kakao *Sterculiaceae* ailesine ve *Theobroma* cinsine aittir. Cinsin 22 türü olmasına rağımen ticari olarak en önemlisi *T. cacao L.* türüdür. Bazı kaynaklara göre üç bazı kaynaklara göre ise dört çeşit kakao tipi vardır. Bunlar 'Forastero, Criollo, Trinitario ve Nacionaldır.

Forastero, günümüzde yetişen kakaonun büyük bir bölümünü (%80) oluşturmaktadır. Dayanıklı, lezzetli ve güçlü aromaya sahip çekirdeklere sahiptir. Yaygın olarak Batı Afrika ve Brezilyada yetişir. Kalın, kaba ve sarı renkli kabuğına sahiptir. ekirdekleri ise açık sarı ve soluk mor arasında değışir.

Criollo, beyaz kotiledonlara sahiptir. Daha az bitter fakat daha aromatiktir. En değıerli ve pahalı olan çeşittir. Mayalar tarafından kullanılan kısımdır. Çikolata üretiminin %10'u bu çeşitten yapılır. Meyve açık sarı renktedir. ekirdekleri beyaz, fildişi ve soluk mor renklerdedir. Criollo ağıaçları dayanıklı değıildir, ağıaç verimi kısmen daha düşüktür. Endonezya, Orta ve Güney Amerika'da yetişir.

Trinitario, Criollo ve Foresteronun melezdır. Bu nedenle doğal olarak bulunmazlar. Çoğunlukla sert kabukludur, nadir olsa da beyaz çekirdeklere sahiptir, 30 veya daha fazla değişken renkte çekirdek içerir. Trinitario kakao ağaçları başta Karayipler olmak üzere, Kamerun ve Papua Yeni Gine'de de yetiştirilmektedir.

National bazı kaynaklarda bir çeşit olarak kabul edilmemektedir. Nacional, sadece Ekvator'da yetişir ve muhtemelen Ekvator'un Amazon bölgesinden gelir. Nacional kakao, tam kakao aromasına ek olarak baharatlı ve çiçeksi bir tada sahiptir. *Nacional türü Trinitario* ise *Criollo* ve *Forastero*'nun hastalıklara karşı dayanıklı olan hibritidir (Afoakwa, 2010).

Kakao ağacı tahminen 4-5 metre boyunda yoğun yapraklıdır ve yapraklar gövdeye dağılmış halde bulunur. Kakao meyveleri ise ağacın yüzeyine dağılmış halde bulunur ve bir ağaçta 10 ila 80 adet meyve oluşabilir. Kakao meyveleri yetiştiği bölgeye ve cinsine göre açık sarıdan kahverengine kadar çeşitli renklerde olabilir. Kakao meyvesinin ağırlığı 200 gram ile 1 kilogram arasında değişiklik gösterir. Genellikle kakao çekirdeği olarak bilinen tohumlar, kakao meyvesinin içinden çıkar. Kakao meyvesi oval bir şekle sahiptir ve 12-30 santimetre uzunluğundadır. Her bir meyvede 20-50 arasında kakao çekirdeği bulunur. Kakao çekirdekleri, kakao meyvesinin taze ağırlığının %40'ını oluşturan zamksı meyve etinin içine gömülü olarak bulunur. Bu zamksı meyve özünün organik asitlerce zengin olduğu aynı zamanda da protein içeriği bakımından zengin olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir.



şekil 2. 1 Kakao ağaçları ve olgunlaşmış kakao meyvesi görselleri

Kakao ekirdeğinin, %10-14' kabuk ve %86-90'ını ise ikolotaya karakteristik lezzet veren çekirdek kısmıdır (Osman, Nazaruddin & Lee, 2004). Kakaoda bulunan kotiledon ikolotaya karakteristik lezzet ve aroma sağlayan kısmıdır. Kakao

çekirdeği yaklaşık %50 kakao yağı içermektedir. Kakao çekirdeği kuru madde üzerinden yaklaşık olarak %12-18 arasında polifenol içermektedir. Kakao polifenolleri temel olarak 3 gruba ayrılır: Kateşinler veya flavan-3-oller (% 37), antosiyaninler (% 4) ve proantosiyaninler (% 58). Kakaonun polifenoller açısından zengin oluşu, kakao içeren ürünlerin fonksiyonel ürün olma özelliklerini taşımasına olanak sağlamaktadır.

Kakao çekirdeklerinden ve kakao ürünlerinde 600'den fazla uçucu lezzet bileşiği tanımlanmıştır. Bu bileşikler, nitrojen ve oksijen heterosiklik bileşikler, aldehitler ve ketonlar, esterler, alkolatlar, hidrokarbonlar, nitriller ve sülfidler, pi-razinler, eterler, furanlar, tiazoller, pironlar, asitler, fenoller, iminler, aminler, oksazoller ve piritlerdir.

Reineccius ve arkadaşlarının (1972) yaptığı bir çalışmada taze fermente olmamış çekirdeklerde 15,8 mg/g sakkaroz ve iz miktarda fuktoz, mannitol, inositol ve sorboz bulunduğunu bildirmiştir. Reineccius (1972) bileşim farklılıklarına sebep olarak farklı hasat dönemleri, hasat yöntemi ve kakao çekirdeği genotipini ileri sürmüştür. Berbert ve arkadaşları (1979) ise toplam şekerin % 90'nı (27,1 mg/g) oluşturan sakkarozun miktarını 24,8 mg/g olarak tespit etmiştir. Fruktoz ve glukozun miktarlarını sırasıyla 0,9 mg/g ve 0,7 mg/g, mannitol ve inositol ise 0,5 mg/g'dan az bulmuştur.

Tablo 2.1 Batı Afrika'da yetiştirilen fermente olmamış kakao çekirdeğinin bileşimi (Rohan 1963, Reineccius ve ark. 1972)

Bileşenler	Kuru Çekirdek(%)	Yağsız Çekirdek(%)
Kotiledon	89,60	-
Kabuk	09,63	-
Tohum Özü	00,77	-
Yağ	53,05	-
Su	03,65	-
Kül	02,63	06,07
Toplam nitrojen	02,28	05,27
Protein nitrojen	01,50	03,46
Teobromin	01,71	03,95
Kafein	00,09	00,20
Glukoz	00,30	00,69
Sakkaroz	01,58	03,86
Nişasta	06,10	14,09
Pektin	02,25	05,20
Lif	02,09	04,83

Tablo 2.1 Batı Afrika’da yetiştirilen fermente olmamış kakao çekirdeğinin bileşimi
(Rohan 1963, Reineccius ve ark. 1972) (devamı)

Pentozan	01,27	02,93
Musilaj ve gam	00,38	00,88
Polifenoller	07,54	17,43
Asetik asit	00,01	00,03
Okzalik asit	00,29	00,67

Kakao çekirdeğinin işlenmesi iki ana aşamadan oluşan uzun bir prosestir. İki aşamadan oluşmasının temel nedeni kakao çekirdeklerinin sadece yetiştği ülkelerde işlenmeyip farklı ülkelerde son ürün haline getirilmesidir. Ancak kakao çekirdekleri taze bir meyveden elde edildiği için sevkiyat işleminden önce ön bir işleme ihtiyaç duymaktadır. Kakao meyvesinden kakao ürünlerinin üretimi kısaca şu şekildedir. Öncelikle kakao meyvesi belirli olgunluğa gelince hasat edilir, daha sonra bir ara işlemle kakao etli kısmı ve çekirdekleri birbirinden ayrılır. Bu aşamada elde edilen kakao çekirdekleri, aroma öncü maddelerinin oluşabilmesi için fermentasyon ve kurutma işlemlerine tabii tutulur (Beckett, 2009). Taze kakao çekirdekleri, yüksek polifenol içeriklerinden dolayı istenmeyen acı bir tada sahiptir (Jinap ve ark., 2005).

Ayrıca taze çekirdekler gerekli aroma öncü maddelerine sahip olmadığından tavlama aşamasında herhangi bir çikolata aromasının algılanmamasına neden olur (Kadow ve ark., 2015). Bundan dolayı bu aroma öncü maddelerinin oluşabilmesi için kakaonun fermente edilmesi gerekmektedir (Ziegleder ve Biehl, 1988). Fermentasyon sırasında gerçekte olan şey çok fazla araştırmaya konu olmuştur ve hala tam olarak anlaşılmamıştır. Çünkü çekirdek kabuğunun fermentasyon işlemi sonucunda sağlam kalması nedeniyle mikroorganizmaların, kakao üretimi için kullanılan kısım olan kotiledonlar ile doğrudan reaksiyona girmesi mümkün değildir. Yani, bir anlamda, bu gerçek bir fermentasyon süreci değildir. Bununla birlikte, fermentasyon sırasında, sıcaklık erken aşamalarda çok fazla artar ve üç gün süren sıcaklık artışının çekirdek çimlenmesinin önlenmesi için yeterli olduğu düşünülür. Beyaz zamksı sıvı içinde şekerleri parçalayan doğal maya ve bakteriler vardır, bu mikroorganizmaların yardımıyla öncü aroma maddeleri (serbest amino asitler, peptitler, indirgen şekerler gibi) açığa çıkar (Talbot, 2009). Fermentasyonun ilk 1-2 gününde, anaerobik koşullar altında, mikroorganizmalar etanol ve asetik asit üreterek çimlenmeyi önler ve yapısal değişikliklere katkıda bulunur.

Fermentasyonun 3. günün de 45°C'a ulaşan kitle sıcaklığı, fermentasyon bitene kadar 45-50° C aralığında seyrederek (Schwan, Rose & Board, 1995; Fowler, 1999). *Forastero* çekirdekleri için fermentasyon süresi 5-6 gün iken, *Criollo* çekirdekleri için bu süre 1-3 gündür (Afoakwa, 2010).

İyi kalitede bir kakao üretmek için fermentasyon şarttır. Fermentasyon çekirdeklerin çimlenmesini önleyen bir koruma işlemidir. Fermentasyon aşamasında çekirdeklerden ayrılmış meyveler bir kaba konulur ve kabın üstü muz yaprakları ile kapatılır (Wood ve Laas 1985). Şekil 2.2' de görüldüğü gibi kakao çekirdekleri muz yaprakları arasına sarılarak fermentasyon işlemine tabii tutulurlar. Bu yöntem kutu fermentasyonudur ve yığın fermentasyonu gibi farklı yöntemler ile de fermentasyon işlemi yapılabilmektedir.



Şekil 2.2 Kakao çekirdeklerinin muz yaprakları arasında fermentasyonu

Kakao pulpunun mayalar, laktik ve asetik asit bakterileri tarafından parçalanmasıyla laktik ve asetik asit ile ortamda ısı oluşur. Her iki asitte kotiledona geçer. Oluşan asit ve ısı kombinasyonu tohumdan çıkan enzimler ile depo proteinlerinin ve karbonhidratlarının hızlı parçalanmasına neden olur ve böylece çikolata aromasının öncü maddeleri olan peptitler, serbest amino asitler ve indirgen şekerler oluşur. Fenolik bileşiklerin de fermentasyon aşamasında esmerleşme (Maillard reaksiyonu) reaksiyonuna girmesiyle kakaonun acılığı azalır ve tipik kahverengi renk oluşur (Kadow ve ark., 2015). Fermentasyon aşamasında kateşin ve epikateşinin %80'den fazlası kaybolmaktadır (Payne ve ark., 2010). Ayrıca fermentasyon sonucunda oluşan organik asitler, ham kakaoların temel asidik

aromasından sorumludur (Schwan ve Wheals, 2004). Serbest amino asit, indirgen şeker, fenolik bileşik ve organik asit miktarı kakao kalite parametreleri olarak dikkate alınmaktadır (Rohsius ve ark., 2006). Fermentasyon, son ürün kalitesi açısından özellikle de aroma açısından çok önemlidir (Beckett, 2009). Etil-2-metilbutanoate, tetrametilpirazin, ve diğer bazı pirazinler gibi önemli aroma aktif bileşenler, fermentasyon sırasında oluşmaktadır. Bitter tat ise teobromin ve kafeinden dolayı oluşmaktadır (Beckett, 2009). Fermentasyon sırasında aminoasitlerden türetilen diğer önemli aroma öncüsü maddeler de şunlardır: 3-metilbutanal, fenilasetaldehit, 2-metil-3-(metildithio) furan, 2-etil-3,5dimetil- ve 2,3-dietil-5-metilpirazin (Taylor, 2002).

Fermentasyon sonrasında kakaolar, fermentasyon kaplarından çıkarılır ve hasırlar ile kaplanmış platform üzerinde veya toprak üstünde güneş altında kurutulur (Beckett, 2009). Kurutma sırasında polifenol oksitleyici reaksiyonlar polifenol oksidazlar ile katalizlenir. Böylece yeni aroma maddeleri oluşur, zar bütünlüğü bozulurak kahverengi renk meydana gelir. Yapay kurutma sistemleri kotiledon sıcaklığını arttırarak sertleşmeye neden olur (Afoakwa, 2010). Sertleşmenin uçucu asit kaybını sınırladığı ve çikolata aromasını olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Dimick ve Hoskin, 1999). Fermentasyon ve kurutma sonrası kakaonun nem miktarının yaklaşık % 6-8 arasında olması istenir (Afoakwa, 2010). Depolama ve taşıma sırasında kakaonun nem miktarının % 8'den düşük olması gerekir; aksi halde muhtemel küf gelişimi kakaolara zarar vermektedir (Kealey ve ark. 2001, Awua 2002). İstenen kaliteye sahip kakaoda, güzel kahverengi renk, düşük acılık (bitterlik) ve burukluk, dumansı kokular gibi istenmeyen kokuların ve aşırı asitliğin olmaması istenir (Afoakwa, 2010).

Yeterince fermente olmayan kakao çekirdeklerinin çikolata lezzet bileşenleri açısından fakir olması, çok fazla fermente olmuş kakao çekirdeklerinden de çürük lezzet oluşturduğu belirtilmiştir. (Fowler, 1999; Beckett, 2000; Reineccius, 2006). Fermente olmuş kakaoçekirdeklerinin kompozisyonu Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Fermente kakao çekirdeklerinin kompozisyonu (Kattenberg ve Muijnck, 1993)

Bileşen Adı	Miktar (%)
Nem	5
Yağ	54
Protein	11
Nişasta	7
Lignin	1
Selüloz	2
Hemi-Selüloz	4
Pektin	2
Teobromin	2,5
Kafein	0,5
Kül	1
Şeker	2
Diğer (Lezzet Maddeleri, Asitler)	2

2.3.2 Şeker

Çikolata reçetelerinin ana hammadresi şekerdir. Kakaonun ham hali, acı bir formda olduğu için hem ağız hissini yumuşatmak hemde tatlılık hissi oluşturmak için çikolata reçetelerinde yüksek miktarda şeker kullanılmaktadır. Çikolata reçetelerinde kullanılan şeker kristal formdaki sakkoruzdur ve farklı hammadde kaynaklarından elde edilir. Türkiyede ana kaynak olarak şeker pancarı kullanılmakla birlikte şeker kamışından elde edilen şeker de çikolata formülasyonlarında kullanılır. Sakkaroz çikolatada kullanılan şekerin çok büyük bir kısmını oluşturmakla birlikte süt ve süt bazlı hammaddelerin kullanılmasından dolayı çikolata içeriğinde laktoz da bulunmaktadır (Beckett 2008). Şeker çikolata üretiminde miktarca en fazla kullanılan ana hammaddelerden biridir bu niteliği ile çikolata için baz oluşturan bir hammadde olduğu söylenebilir. Tekstür, ağız hissi, partikül boyutunun belirlenmesi, akış özellikleri, erime profili gibi çikolatanın kalite parametrelerinin üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Afoakwa, 2010). Kristal şekerin yüksek sıcaklığa maruz kalmasından dolayı oluşan amorf şeker çikolatanın aroması ve akış davranışı için oldukça önemlidir (Afoakwa 2010). Şeker, bulunduğu ortamın nemini tutabilme (higroskopik özellik) özelliğine sahip olduğu için depolanmasında ortam nemi dikkate alınmalıdır (Beckett, 2008).

2.3.3 Süt Bazlı Hammaddeler

Beyaz çikolata ve sütlü çikolatanın başlıca hammaddelerinden olan süt bazlı bileşenler bu ürün grupları için en önemli hammaddelerdendir. Sütlü çikolata,

yumuşak tadı ve ağır olmayan tatlılığı sayesinde en yaygın tüketilen çikolata türlerinden biridir. Çikolata üretiminde farklı yağlılık oranlarında süttozları, peynir altı suyu tozu, laktoz ve süt yağı gibi çeşitli süt bazlı hammaddeler kullanılmaktadır. Süt tozunun genel bileşimi % 26-27 süt yağı, % 70 yağsız süt katkı maddeleri ve % 3,5 sudan oluşmaktadır. Süt tozunun nem içeriği reolojik özellikleri ve üretim aşamalarını etkilediği için, nemin konçlama aşamasında uzaklaştırılması gerekmektedir (Talbot, 2009). Çikolata üretiminde süt bazlı bileşenler aroma ve kokuları çok önemlidir (Beckett, 2009). Bir diğer önemli parametre ise ürünlerin mikrobiyolojik yükleridir, çikolata prosesinde genel olarak pastörizasyon altındaki sıcaklıklar seviyeleri uygulandığı için çikolatada kullanılacak süt tozunun yükünün belirlenen mikrobiyolojik kriterlerin (Koliform, E.coli, Salmonella ve Kaogulaz pozitif Staphylococcus bulunmamalı; maya ve küf ise 50 kob / g süt tozu değerinin altında olmalı) altında olması gerekmektedir (Beckett, 2009). Peynir altı suyu tozu da bazı çikolatalarda şekerli hissini azaltmak için şeker yerine kullanılır (Afoakwa ve ark., 2007). Çikolata endüstrisinde istenmeyen lezzeti engellemek için yaygın olarak demineralize peyniraltı suyu tozu tercih edilmektedir (Haylock ve Dodds, 1999).

2.3.4 Emülgatörler

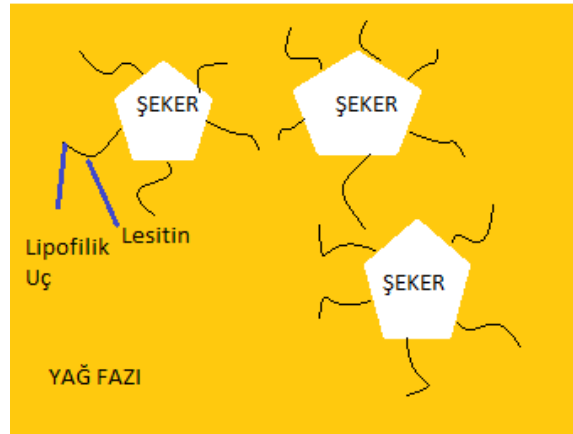
Çikolata ürünlerinin, üretim aşamasında ürün işlenmesini kolaylaştırmak, ürün maliyetini düşürebilmek ve istenilen akış özelliklerine sahip çikolata üretebilmek için emülgatörlerin kullanılması gerekmektedir. Emülsifiye edici maddeler, çikolatanın akış özelliklerini modifiye etmek için yaygın olarak çikolata formülasyonunda kullanılırlar (Schantz ve Rahm, 2005). Karıştırma aşamasında da ilave edilmesine karşın genel olarak konçlama aşamasında ilave edilen emülgatörler, çikolata kitlesinin viskozitesini düşürerek karıştırma işlemini kolaylaştırır ve ürünün kalıplama, şekil verme ya da farklı bir ürün içerisinde kullanılma aşamalarında işlenmesini kolaylaştırır.

Çikolata, hidrofilik ve lipofobik olan şekerin çözünmeyeceği sürekli bir yağ fazına sahiptir, bu yüzden şeker yüzeylerinin yağ ile kaplanması gerekmektedir (Beckett, 2008). Bu durum ortamda bir yüzey aktif madde var ise gerçekleşmektedir. Yüzey aktif madde, sürekli fazda ki ara yüzey gerilimini azaltır, böylece şeker ve yağ

arasında bir sınır tabaka oluşmasını sağlar. Aynı zamanda sürfaktanlar ile formülasyonda daha az yağ miktarı ile istenen akış özelliği sağlanabilir (Beckett, 2008).

Lesitin E322

Çikolata üretiminde kullanılan temel emülsifiyer madde soya lesitindir. Lesitin ilavesi hem viskoziteyi hemde akma gerilimini düşürerek daha az kakao yağı kullanılmasına olanak sağlar ve bu durumda maliyet azalmasına yardımcı olur. Lesitin çikolata reçetelerinde kullanım miktarı olarak değişiklik gösterebilir. Reolojiyi optimize etmek için kullanılacak lesitin miktarı, çikolatanın partikül boyutuna göre değişen bir faktördür. Partikül boyutu azaldıkça kullanılacak lesitin miktarı artar (Talbot, 2009). Lesitin, doğal fosfolipitlerin (fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin, fosfatidilinositol gibi fosfolipitler) bir karışımıdır (Minifie, 1989). Fosfolipitler moleküler yapılarından kaynaklı olarak hidrofilik ve lipofilik uçlara sahiptir. Şekil 2.3’de görüldüğü gibi lesitin molekülü bir ucu ile kendini şekere bağlarken aynı zamanda molekülün diğer ucunu da akışa yardımcı olmak için yağ fazında serbest bırakmaktadır (Beckett, 2008). Formülasyona her % 0,1 lesitin ilavesiyle, % 1 oranında kakao yağı tasarrufu sağlamaktadır (Talbot, 2009).



Şekil 2.3 Şeker molekülü etrafında ki lesitin şematik gösterimi (Beckett, 2008)

% 0,1 ile % 0,3 soya lesitin ilavesinin, viskoziteyi kendi ağırlığındaki kakao yağının 10 katından daha fazla azalttığı söylenir. Ayrıca lesitin gibi yüzey aktif maddeler içeren çikolatalar, emülgatör içermeyenlerden daha yüksek nem seviyelerini tolere edebilir. Bu durum önemlidir, çünkü su çikolata akış özelliklerini tam tersine

çeviren ve yapısının bozulmasına neden olan bir hammaddedir, çikolatanın reolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Beckett, 2008). Emülsifierler genelde en iyi viskozite ve akma basıncı değerini elde etmek için % 0,5-0,7 oranlarında kullanılırlar. Çikolata formülasyonuna % 0,5'den fazla miktarda ilavesi akma noktasında artışa neden olurken plastik viskozite değerini düşürür (Rector 2000; Schantz ve Rohm, 2005). % 0,5 lesitin kullanıldığında şekerin yaklaşık % 85'inin zaten kaplanmış olduğunu görülmektedir. Fazla miktarda kullanılan lesitin, miselleri oluşturmak için kendi kendisini bağlayabilir veya şekerin etrafında iki tabakalı yapı oluşturarak her ikisinin de akışını engelleyeceği bir durum meydana getirebilir (Beckett, 2008).

Çikolata emülsifiye edici maddeler olmadan da üretilebilir, bu durumda istenilen akış özelliğine ulaşabilmek için kakao yağının yüksek oranlarda kullanılması gerekmektedir. Yüksek miktarlarda kakao yağının kullanımı ürün maliyetini arttıracak ve ürünlerin sadece belirli bir kesime hitap etmesine neden olacaktır. Bu nedenle çikolata teknolojisinde, emülgatörlerin belirtilen oranlarda kullanılması tercih edilmektedir.

Farklı bileşenlerin oranı standart lesitinler içinde değiştiğinden, çikolata viskozitesini azaltmadaki etkinliği partiden partiye değişebilir. Bu nedenle bazı tedarikçiler standartlaştırılmış bir ürün sunmaktadır.

Amonyum fosfatid E442

Lesitine alternatif bir emülgatör olan AMP (amonyum fosfatid) kolza tohumu yağı ve gliserolden elde edilen emülsifiye edici maddedir. Nötr bir tada sahip olmasından dolayı belli başlı çikolata üreticileri tarafından tercih sebebi olmuştur. Lesitine benzer şekilde çalışmasına rağmen daha tutarlı ve tekrarlanabilir viskozite etkisi meydana getirmektedir. (Talbot, 2009). Daha yüksek seviyelerde verim değerindeki artışın üstesinden gelmek için Cadbury, sertleştirilmiş kolza tohumu yağından alternatif bir yüzey aktif madde geliştirdi. Bu hammadde bir amonyum fosfatiddir.

PGPR E476

PGPR (poligliserol polirisinoleat), hint yağı (castor) ile gliserolün polikondansasyonu ile üretilir (Vernier, 1998). PGPR çikolatada normalde tek emülgatör olarak kullanılmaz.

Çikolata formülasyonunda genelde lesitin veya amonyum fosfatid ile birlikte kullanılan bir başka emülsifiyer maddedir. Başlangıçta, fırıncılık ürünlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Plastik viskozite üzerinde nispeten daha az bir etkiye sahip olmasına rağmen, akma basıncı üzerinde önemli bir etkisi vardır (Talbot, 2009). PGPR % 0,2 oranında kullanıldığında çikolatanın akma basıncını yarı yarıya azaltır, % 0,8 oranında kullanıldığında ise akma basıncını sıfıra indirir ancak bu oranda kullanımına izin verilmemektedir. Bu miktarda kullanılan PGPR, çikolata kitlesinin akış davranış özelliğini değiştirir ve Newtonian akış davranışı sergilemeye başlar (Beckett, 2008). Yapılan bir çalışmada % 35 kakao yağı içeren çikolata ile % 32 kakao yağı ve % 0,1 PGPR içeren çikolata örneklerinin benzer akma değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Rector, 2000). PGPR katı partikülleri kaplayarak lipid sürekli fazına uzanır ve daha iyi stabilizasyon sağlar (Vernier, 1998).

Çikolata endüstrisinde, viskozite düşürücü etkinin dengelenebilmesi ve arzu edilen akma basıncı ve plastik viskozite için PGPR ve lesitin kombinasyon halinde kullanılmaktadır (Vernier, 1998; Schantz & Rohm, 2005). Çikolatanın kullanım amacı (kaplamalık, kalıplamalık, dolgu vb. gibi), emülgatörlerin kombinasyon oranını belirleyen önemli bir faktördür (Toker, 2016). Genelde sektörde kullanılan lesitin: PGPR oranı 2,5: 1 (Hasenhuettl & Hartel, 1997) şeklinde olmaktadır.

2.3.5 Kakao Yağı ve Diğer yağlar

Çikolata olarak adlandırılan bir ürünün içindeki ana yağ kaynağı, kakao yağı olmak zorundadır. Sütlü çikolatalarda ise kakao yağı ile beraber Türk Gıda Kodeksi'nde izin verilen miktarlarda süt yağı da kullanılmaktadır. Süt yağı, formülasyona ekstra olarak ilave edilebildiği gibi, süt bazlı hammaddelerin içinde bulunarak bu hammaddeler sayesinde yapıya katılabilmektedir. Çikolata olarak adlandırılan bir ürünün yapısında %5 oranında kakao yağı dışında diğer yağlarda bulunabilir. Kakao yağı, kompozisyon bakımından geniş varyasyon gösterebilen doğal bir yağdır. Bu bakımdan, Brezilya'da yetişen kakaolardan yumuşak kakao yağı elde edilirken, Afrika'da yetişen kakaolardan orta sertlikte, Malezya'da yetişenlerden ise sert kakao yağı elde edilir (Genç ve Olçay, 2001).

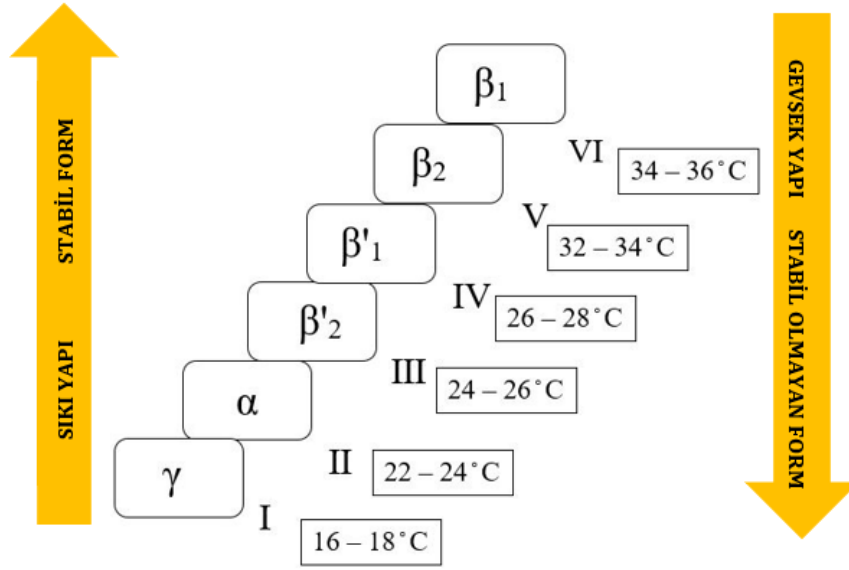
Çikolatanın temel hammaddelerinden biri olan kakao yağı, kakao çekirdeğinin preslenmesi ile elde edilmektedir (Toker, 2016). Kakao likörünün yatay bir preste

preslenmesi ile en kaliteli kakao yağı elde edilmektedir (Becket, 2008). Kabuğu ile beraber preslenen kakao çekirdeklerinden elde edilen düşük kalitedeki kakao yağı, bulanık rengi nedeni ile filtre edilmeden kullanılamamaktadır. Aynı zamanda kabukta bulunan yağ, kakao yağı değildir. Bu nedenle presleme esnasında kakao yağına karışarak, yağın sertleşme özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Kakao çekirdeklerinin preslenmesi ile elde edilen kakao keki, az miktarda kakao yağı içermektedir. Arta kalan kakao yağı, solvent ekstraksiyonu veya süper kritik ekstraksiyon yöntemi ile alınabilmektedir.

Çikolatanın kendine özgü kokusu, saf kakao yağından ileri gelmektedir. Beyaz çikolata gibi bazı ürünlerde ise kakao yağının kokusu arzu edinmeyebilir. Bu durumda saf kakao yağında bulunan uçucu koku bileşenlerinin, vakum altında ve buharın süpürücü etkisiyle uzaklaştırılması gerçekleştirilir. Bu yöntem ile elde edilen kakao yağları 'deodorize kakao yağı' etiketi almaktadır (Beckett, 2008).

Kakao yağının neredeyse alternatifsiz yapan en önemli özelliklerinden birisi dar bir erime sıcaklığına sahip olmasıdır. Kakao yağı çikolata ürünlerinde yumuşak tekstür, elastiklik, viskozite, tat ve aromanın kolay yayılması, parlaklık ve arzu edilen erime özellikleri sağladığından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (Liendo ve ark. 1998). Kakao yağı, oda sıcaklığında (25 °C ve altı) katı iken vücut sıcaklığında (~37 °C) sıvı halde bulunur. Kakao yağının en önemli özelliklerinden birisi kristalizasyon sonucu farklı poliformik formlara dönüşebilmesidir. Kakao yağı polimorfik özelliğe sahip yağ çeşididir (Jahurul vd., 2013). Polimorfik özellik, yağın birden fazla kristal forma dönüşebilme yeteneğidir. Kakao yağının bu özelliği çikolata ürünlerinde erime, tekstür, son ürün stabilitesi ve duyu özellikleri gibi kalite parametrelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Kakao yağı, Şekil 2.4'de gösterildiği gibi her biri farklı erime sıcaklıklarına sahip olan 6 farklı kristal yapıya dönüşebilmektedir. Kakao yağında ki farklı kristal yapıları simgelemek için Yunan harfleri (γ , α , β_2' , β_1' , β_2 ve β_1) veya Romalı rakamları (I, II, III, IV, V ve VI) kullanılmaktadır (Jahurul vd., 2013).

Kakao yağının Form I kristal yapısı, kararsız ve yumuşak yapı olduğu için genelde dondurma kaplamalarında kullanılır (Beckett, 2008). Form I hızlı şekilde Form II, ve daha yavaş bir şekilde Form III ve Form IV'e dönüşebilir.



Şekil 2.4 Kakao yağı kristal yapıları ve erime sıcaklıkları (Beckett, 2008)

Form IV kristal yapısında, çikolata yumuşak tekstüre sahip olmaktadır. Eğer ortamda Form V kristali yok ise, Form IV'ün stabil kristal olan Form V'e dönüşmesi çok zaman almaktadır (Beckett, 2008). Form V yağ kristalleri ile çikolata iyi parlaklık, arzu edilen kırılabilirlik (snap) ve yağ kusmasına karşı direnç kazanır. Form VI kristalleri daha fazla stabil olmasına karşın, sadece katıdan katıya dönüşüm geçirebilir, yani direk sıvı kakao yağından oluşamaz. Bundan dolayı Form V kristaller, uzun zaman sonra çikolata ve ürünlerinde yağ kusmasına sebep olur (Beckett, 2008). Kristallerin birbirine dönüşümünü depolama ve taşıma sıcaklıkları önemli derecede etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen depolama ve taşımada, kristallerin birbirine dönüşümünü hızlandırır. Aynı zamanda kristallerin daha stabil forma dönüşmeleri ile gevşek olan yapı büzülerek daha sıkı yapılı çikolatalar meydana gelir.

Çikolata ürünlerinde kullanılan kakao yağı, sağladığı enfes lezzet ve kokunun yanı sıra, yumuşak tekstür, ağız hissi, viskozite, aromanın yayılması, parlaklık, kırılabilirlik gibi özellikler üzerinde de olumlu etki göstermektedir (Liendo, Padilla & Quintana, 1997).

Çikolata ve çikolata türevi ürünlerin üretiminde bazı bitkisel kökenli yağlar kullanılabilmektedir. 1950'li yıllarda kakao yağının kimyasal özellikleri üzerine

yapılan bir çalışmada, kakao yağının trigliserit bileşiminin eşsiz olduğu keşfedilmiş ve çikolata formülasyonuna katılacak bitkisel yağın aynı trigliserit yapısına sahip olması gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Yapılan bu çalışmada bazı bitkisel kökenli yağların trigliserit yapısının kakao yağına benzer olduğu görülmüş ve bunun üzerine Unilever'in patentli üretimi ile kakao yağı eşdeğerleri piyasaya sunulmuştur (Beckett, 2009).

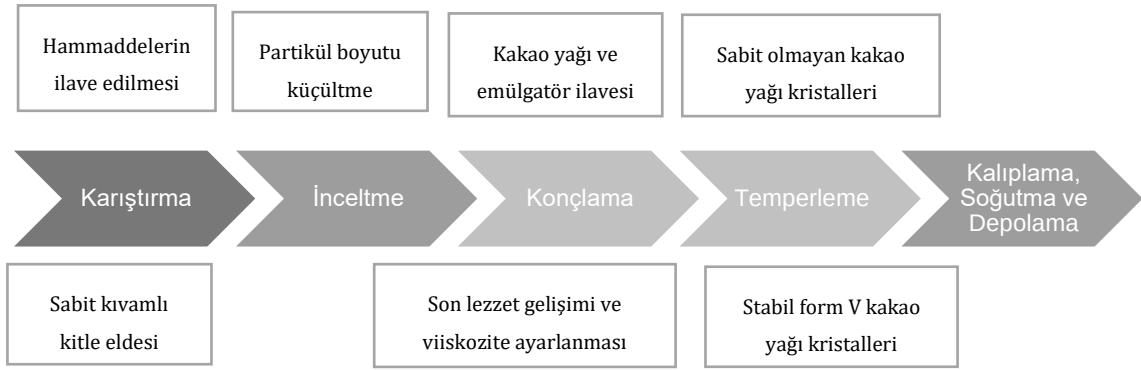
Kullanılacak bitkisel yağ, kakao yağı ile benzer erime sıcaklığına sahip olmalı, kakao yağı ile uyumlu olmalı (yapıyı bozmamalı), çikolatanın işlenmesinde herhangi bir sıkıntı oluşturmamalı, kakao yağı ile aynı polimorfik yapıda kristalleşmeli, yağ kusmasına karşı direnci iyi olmalı ve iyi bir lezzet algısı (Koku ve tat problemi olmamalıdır) oluşturmalıdır (Beckett, 2009).

Piyasada kakao yağı alternatifleri (Cocoa butter alternatives, CBA); Kakao yağı eşdeğerleri (Cocoa butter equivalents, CBE), kakao yağı yerine kullanılabilenler (Cocoa butter replacers, CBR) ve kakao yağı ikameleri (Cocoa butter substitute, CBS) olarak 3 grup altında ele alınmaktadır.

2.4 Çikolata ve Ürünlerinin Üretim Prosesi

Çikolata üretiminde ürün reçetesine bağlı olarak proses ve proses koşulları değişiklik gösterebilmektedir. Proses boyunca, üretilen son ürünün yapı ve erime özelliklerini istenilen akışkanlık ve yapı değerlerine ulaştırmak için bileşenlere sırasıyla karıştırma, inceltme ve konçlama işlemleri uygulanmaktadır. Bitmiş çikolatanın kalitesi çoğunlukla şeker, süt ve kakaodan gelen partikül boyut dağılımına ve yağ fazı ve emülgatör kompozisyonuna bağlıdır. Reolojik olarak, bitter çikolata prosese bağımlı olarak akma basıncı ve plastik viskozitesi ile non-Newtonyan akış özelliği göstermektedir (Toker vd., 2019).

Akma basıncı çikolata için akmanın başlaması için gereken minimum enerjiyle ilişkiliyken, plastik viskozite ise akışın devamlılığını sağlamak için (kesikli değil sürekli akışın oluşması) gereken enerjiyle ilişkilidir. Kalıplanmış çikolata gibi yapılaşmış sıvılar, düşük kayma gerilimi değerlerinde akmaya karşı büyük bir direnç gösterirler (Afoakwa ve diğ., 2009). Şekil 2.5'de Çikolata üretim prosesi gösterilmektedir (Afoakwa, 2010).



Şekil 2.5 Çikolata üretim prosesi (Afoakwa, 2010)

2.4.1 Karıştırma

Çikolatada istenilen son ürün özelliğine göre formülasyonda yer alan hammaddelerin karıştırılması ile sabit kıvamlı bir kitle elde edilir. Karıştırma prosesi, sürekli veya kesikli sistemler kullanılarak sıcaklık ve süre parametreleri dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir (Afoakwa, 2010). Sıcaklık ve süre normları kesikli sistemlerde 40-50°C’da 12-15 dakika olarak uygulanmaktadır (Afoakwa, 2010). Sürekli sistemler, büyük çikolata firmaları tarafından kullanılan otomatik yoğurma makinalarında gerçekleştirilmektedir (Minifie, 1989; Beckett, 2000; Awua, 2002).

2.4.2 İnceltme

Çikolata üretiminde inceltme işleminin uygulanmasının esas amacı ağızda kumsu ve parçacıklı hisse neden olabilecek büyük partiküllü hammaddelerin dil ile algılanamayacak boyutlara küçültülmesini sağlamaktır (Beckett, 2008). Formülasyonda yer alan çoğu katı partikülün çapı 1 mm’den büyüktür. Dil ise 0,03 mm çapından daha büyük partikülleri algılamaktadır (Talbot, 2009). Son partikül boyutu, çikolatanın tekstürünü ve reolojik özelliklerini etkilemektedir (Afoakwa, 2010). Partikül boyutu küçüldükçe ürün akışının sağlanabilmesi için yüzeylerinin yağ ile kaplanması gerekmektedir. Aksi halde çikolata yüksek viskoziteye sahip olur ve daha az erime eğilimi gösterir (Talbot, 2009).

2.4.3 Konçlama

İnceltile karışma, viskozitenin ve son ürünün yapı ve aromasının geliştirilmesine katkı sağlayan konçlama prosesi uygulanmaktadır. Konçlama işleminde reolojik, tekstürel ve duyuşal özellikler ayarlanmaktadır. Konçlama prosesi, belli sıcaklık ve sürelerde çikolata kitlesinin havalandırılarak karıştırılması/yoğurulması işlemidir. Konçlama ile istenmeyen uçucu bileşenlerin giderilmesi, nem miktarının düşürülmesi, yumuşak tekstürlü kitlenin sağlanması ve katı partiküllerin yağ ile kaplanmasıyla viskozitenin azaltılması gerçekleştirilmektedir (Afoakwa, 2010).

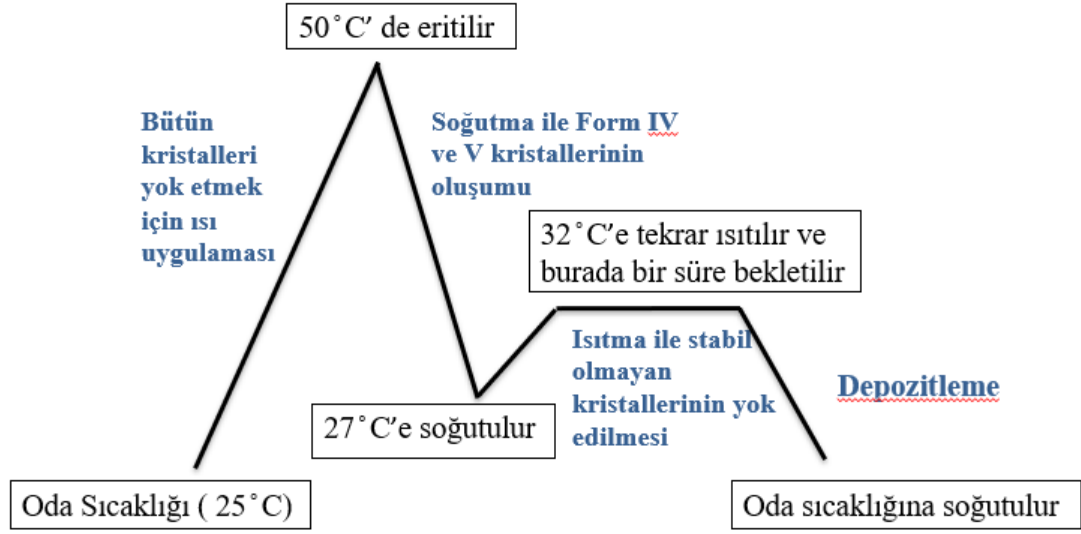
Konçlama süresi ve sıcaklığı çikolatanın çeşidine göre değişmekte olup bitter çikolata için 16-24 saat süre ile sıcaklık 70°C ile başlayıp 82°C'lere kadar çıkmaktadır. Çikolataya uygun viskoziteyi vermek için, temperlemenin öncesinde konçlama işleminin sonuna doğru kakao yağı ve lesitin ilavesi yapılabilmektedir (Afoakwa, 2014).

2.4.4 Temperleme

Temperleme bir ön kristallendirme işlemi olup, kakao yağı kristalizasyonunu termodinamik olarak kararlı polimorfik formda oluşturmak için kakao kitlesinin kontrollü sıcaklıklarda işlenmesidir. Kakao yağı, trigliserit bileşiminin bir fonksiyonu olarak 6 farklı kristal forma dönüşebilmektedir (Awua, 2002).

Her bir polimorf yoğunluk, erime noktası, genleşme katsayısı, ısı kapasitesi, kristal şekli ve ağ yapısı oluşumu gibi farklı fiziksel özellikleri barındıran kristal yapıya sahiptir (Talbot, 2009). Kakao yağının β formu olan Form V, iyi temperlenmiş çikolataya güzel parlaklık, kırılma, kalıptan kolay çıkma ve yağ kusmasına karşı direnç veren en çok istenen kristal yapıdır (Beckett, 2000).

Temperleme prosesinde 4 temel ısıtma ve soğutma basamakları vardır (Şekil 2.7): çikolatanın tamamının erimesi için 50°C'a ısıtma, kakao yağı ve/veya kakao yağı eşdeğerlerini kristalizasyon sıcaklığı olan 32 ve 27° C'a soğutma, son olarak stabil olmayan kristallerin 29-31° C'a ısıtılması ile dönüşümü gerçekleşir (Talbot, 1999).



Şekil 2.7 Çikolatanın temperleme aşamaları (Afoakwa, 2010)

Çikolatada uygun bir temperleme yapılmasında hız, sıcaklık ve hareket (karıştırma) en önemli faktörlerdir. Bunun nedeni ise mevcut olan herhangi bir tohum kristalinde yağın katılaşmaya başlaması ve oluşacak kristallerin homojen dağılımının sağlanmasıdır (Beckett, 2008).

İyi temperlenmiş bir çikolata: güzel parlaklık, renk ve şekil, kalıptan kolay çıkma (kalıpta büzülme), ısıya karşı iyi direnç ve uzun raf ömrüne sahiptir (Toker, 2016).

2.4.5 Kalıplama , Soğutma ve Depolama

Kalıplama, çikolata ürünlerinde belli şekil vermek için uygulanan basit bir işlemdir. Kalıplar çok sıcaksa, oluşan polimorfların erimesi, sertleşme, ürünün kalıba yapışması, parlaklığın az olması ve çiçeklenme gibi kalites problemleri meydana gelir. Çok soğuksa, parlaklığın az olması, kalıbın yapışması, son üründe hava kabarcıkları ve dalgalanmalara neden olabilir.

Çikolata içinde ki hava kabarcıklarının uzaklaştırılması ve çikolatanın kalıba tam yayılabilmesi için kalıplara titreşim uygulanmaktadır. Sıvı çikolata hareketsizken, parçacıklar birbirleriyle temas halindedir ve bu nedenle hava kabarcıklarının hareket etmeleri zordur. Titreşim, onları ayırmak için enerjiyi sağlar, böylece harekete ve akma basıncına karşı dirençlerini azaltır (Beckett, 2008).

Kalıplanan çikolataya stabil kristal oluşunun devamlılığını sağlayan soğutma işlemi uygulanır. 12-15  C soğutma tünellerinde ya da dolapta bekletilerek ürünler sabil hale getirilir. Daha sonra ürünler kalıptan çıkartılarak paketlenir ve 18-20 C sıcaklıktaki depoya gönderilir (Afaokwa, 2014).

Depolama sıcaklığı yağ kusması oluşumunu etkilemekte olup genellikle 18 C sıcaklıkta depolama yağ kusmasını geciktirirken, 30 C sıcaklıkta depolama yağ kusmasını hızlandırabilir. Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, ikolatadaki yağ kusması oluşum kinetiği üzerinde hem yükseltilmiş sıcaklık hem de sıcaklık döngüsünün yağ migrasyonu ve yağ kusmasını hızlandırması bakımından önemli etkileri olduğu görülmüştür (James ve Smith, 2009).

2.5 Çikolata Kaplı Gofret  retiminde Kullanılan ikolatanın Kalite Parametreleri

Çikolata  retiminde kullanılan hammaddeler (kakao likörü, kakao yağı, şeker, süt tozu vb.), uygulanan proses (inceltme, konçlama, temperleme, depolama vb.) ve proses koşulları (sıcaklık, süre vb.), kalite parametreleri üzerinde önemli etkilere sahiptir.

2.5.1 Renk

İnsanların tüketimi için üretilen gıdaların, insanlar tarafından kabul görmesindeki en önemli etkenlerden biri gıdanın sahip olduğu dış görünüşüdür. Gıdanın dış görünüşü, düşen ışık, ışığın optik özellikleri ve insan algısındaki etkileşim sonucu oluşur. Görünüş kendi içerisinde objelerin parlaklık, renk, şekil, yüzey yapısı, yarısaydamlık, bulanıklılık ve pürüzlülük gibi özelliklerinin etkisinin sonucu oluşan görsel olguların tümünü barındırmaktadır (Krasnow, 2015).

Çikolata ve ürünlerinde rengin değerlendirilmesinde kullanılan parametreler parlaklık (L^*), renk doygunluğu (C^*) ve renk açısı (h^*) olmak üzere üç tanedir. Bu parametreler soğuma katsayısı, saçılma faktörü ve partikül boyutuna büyük ölçüde bağlıdır (Hutchings,1994). Renk parametreleri üzerine, çikolatanın partikül boyutunun, lesitin ve yağ içeriğinin etkileri araştırılmıştır. Daha ince partikül boyutuna sahip olan çikolataların, daha geniş spesifik yüzey alanlarına, daha düşük partikül çaplarına ve dolayısıyla daha fazla partikül arası etkileşime sahiptir. Bundan dolayı partikül boyutu dağılımı azaldıkça, daha fazla ışık saçan, daha yoğun

ve daha parlak görünen çikolata elde edilmiştir. Farklı açıdan yaklaşmak gerekirse, partikül boyutu azaldıkça yağ miktarına bağlı olarak L^* değerinde artış meydana gelmektedir. C^* ve h^* değerleri ise partikül boyutu ve formulasyondaki yağ miktarı arttıkça, önemli ölçüde azalmıştır. Lesitinin ise L^* , C^* ve h^* parametreleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Afoakwa, Paterson, Fowler & Vieira, 2008). Yapılan bir başka çalışmada kokolin örneklerinde inceltme işlemi süresi ve inceltici şaft hızının L^* , C^* ve h^* parametreleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. İnceltme süresi ve şaft hızı arttıkça, L^* , C^* ve h^* parametrelerinin de arttığı görülmüştür (Toker vd., 2016). Kullanılan yağ içeriği de yüksek ve düşük erime sıcaklığına sahip olan trigliseritlerin uzaklaştırılması sonucu elde edilen yağların kullanımı sonucu daha parlak görünüme sahip çikolataların elde edildiği gözlemlenmiştir.

2.5.2 Reoloji

Reoloji, akışkan bir maddenin zamana bağlı bir şekilde, basınç gibi mekanik kuvvetlerin etkisi ile akış ve deformasyonunu inceleyen bir bilim dalıdır (Toker, 2016). Sıvı materyallerin reolojik özellikleri viskozite olarak, katı materyallerin reolojik özellikleri elastisite olarak tanımlanmaktadır. Viskozite proses şartlarına, ürün kompozisyonuna, ve partikül boyut dağılımına bağlı olarak oluşur. Çikolata viskozitesi ise aktığı hıza (kesme hızı) bağlıdır ve Newtonian olmayan akış davranışı gösterir. Genelde viskozitenin ölçülmesi kullanılacak olan akış hızında ölçülmelidir, fakat kaplama ve kalıplama da kullanılacak olan çikolata örneklerinde bu hız sürekli olarak değişebilir. Çikolata reticileri bu durumu basitleştirmek için iki kontrol noktası belirlemişlerdir. Birinci kontrol noktasında çikolatanın akmaya başladığı noktayı belirlemek üzere düşük kayma hızı seçilir, diğer kontrol noktasında ise çikolatanın hızlı akış gösterdiği yüksek kayma hızı seçilir (Talbot, 2009).

Casson, Bingham ve Herschel-Bulkley modelleri çikolatanın reolojik özelliklerinin ölçülmesinde kullanılan en yaygın modellerdir. Uluslararası Kakao, ikolata ve şekerleme Birliği (OICCC)'ne göre çikolatanın reolojik değerlerinin hesaplanması için daha doğru ve uygun sonuçlar veriği için Casson modeli kullanımı kabul edilmiştir. Casson modeli viskoplastik sıvıların akışını tanımlayıp, çift fazlı bir

süspansiyonun sıvı-katı fazlarının interaktif davranış modeline dayanmaktadır (Afoakwa ve ark., 2009b).

Akma basıncı, çikolatanın ilk akışının gerçekleşmesi için gerekli minimum kuvvettir. Plastik viskozite ise akış halindeki çikolatanın akışını devam ettirebilmesi için gerekli enerji olup, ürünlerin pompalanması, dolumu, kaplanması gibi prosesleri belirlemektedir (Toker, 2016).

Çikolatanın akış özellikleri, kaplama ve kalıplama gibi önemli prosesleri etkilemektedir. Eğer, çikolatanın viskozitesi doğru ayarlanmaz ise, o zaman düşük kalitede elde edilen çikolata ya ucuza satılır ya da tekrar işlenmesi gerekir. Örneğin, çikolatanın viskozitesi çok düşük olursa, kaplama olarak kullanılan ürün üzerinde ağırlığı çok düşük olur. Eğer viskozite çok yüksek olursa, bu seferde kalıplanan çikolatadan hava baloncukları çıkamaz ve tüketicilerin satınalma potansiyelini etkileyen kusurlu görüntüye neden olur (Beckett, 2009).

Çikolatanın reolojik özellikleri üzerine formülasyonun etkisi ele alındığından ilk olarak yağ, emülgatörler ve nem miktarı düşünülmektedir (Beckett, 2009; Minifie, 1989). Çikolata ürünlerinin neredeyse yarısı şeker partiküllerinden meydana gelmektedir.

Çikolata üretim proseslerinden konçlama aşamasında ilave edilen emülgatörler ve kakao yağı etkisi ile viskozite ayarlanabilir. Düşük konçlama süresi akma basıncının önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır. Temperleme işleminde ise uygulanan yüksek kayma hızı, homojen kararlı kristaller oluşturarak istenilen viskozite değerleri oluşmaktadır. Yetersiz veya fazla temperlenen çikolata ürünlerinde sırasıyla düşük viskozite ve yüksek viskoziteli ürünler elde edilir. Bu durum temperleme sırasından meydana gelen stabil kristal miktarı ve dağılımı ile ilgilidir (Beckett 2009; Minifie, 1989).

Endüstriyel çikolata üretiminde ve üretilen endüstriyel çikolatanın farklı proseslerde kullanılmasına (kaplama, kalıplama ve dekorasyon gibi) olanak sağlayan ana unsurlar akma basıncı ve plastik viskozite olup farklı oranlarda kullanımı proses parametrelerini (sıcaklık, hız, süre) önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple bu iki emülgatörün birlikte kullanılabilmesinin optimum oranları

çikolatanın kullanılacağı prosese uygun ayarlanmalıdır. Bu tez çalışması ile birlikte bu ana unsuların kaplama oranlarına etkileri ve optimum parametreler ile ilgili fikir sahibi olunulacaktır.

2.5.3 Tekstür

Çikolata ve ürünlerinin görünüş ve tekstürel özelliklerinde partikül boyut dağılımı, yağ ve emülgatör içeriği etkili olmaktadır (Afoakwa, 2010).

Partitül boyutu (18-50 μm), yağ içeriği (%25-35) ve lesitin miktarının (%0,3-0,5) bitter çikolata örneklerinde tekstürel özellikler üzerinde ki etkisi incelenmiştir (Afoakwa vd., 2008a). Sonuçlar, partikül boyut dağılımı, yağ ve emülgatör içeriğinin tekstürel parametreleri önemli ($p \leq 0,05$) ölçüde etkilediğini göstermiştir. Partikül boyutu arttıkça, örneklerin kıvamı (50,410–7029 g.s) ve sertlik (1235–173 g) değerlerinde azalış meydana gelmiştir. Benzer şekilde partikül boyutu arttıkça bütün yağ seviyelerinde, yapışıklık/bağlılık (262-1594 g), parametresi yaklaşık 8 kat ve viskozite indeksi (1099-5737 g) yaklaşık 6 kat azalmıştır. Partikül boyutunun azalması, spesifik yüzey alanının artması ve partikül sayılarının artışı ile, yüzeyler arası etkileşimin artmasına sertlik, kıvamlılık, yapışıklık değerlerinde artışa yol açmaktadır. Ayrıca bitter çikolataların yağ içeriğinin % 25'ten % 30'a yükseltilmesi, tüm partikül boyutlarında ve lesitin konsantrasyonlarında, bütün tekstürel parametrelerde ciddi düşüslere yol açmıştır (Afoakwa vd., 2008). Bu durum yağın, erimiş çikolatanın içindeki katı tanecikler arasındaki boşlukları doldurarak, akmaya karşı direncin azalması ile açıklanmıştır (Beckett, 2000). Lesitin % 0,3'ten % 0,5'e yükseltilmesi, özellikle düşük yağ içeriği ve düşük partikül boyutunda örneklerin sertliği, tutarlılığı, yapışkanlığı ve viskozite indeksini önemli ölçüde azaltmıştır (Afoakwa vd., 2008a). Lesitin fosfolipidleri, şeker yüzeylerine lipofilik özellik kazandırarak, yağlayıcı etkisi ile iç sürtünme, sertlik, kıvamlılık, yapışıklık ve viskoziteyi düşürür (Beckett, 2000).

Çikolatanın tekstürü aynı zamanda kakao yağının eriyebilirliği ile alakalıdır. Kakao yağının kristal yapısı sadece çikolatanın parlaklığını ve stabilitesini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda kakao yağının ağız sıcaklığında sıvı forma geçişinden de sorumludur (Afoakwa, 2010).

2.5.4 Erime

Çikolatanın erime özelliğini yağ bileşimi ve yağ kristallerinin yapısı etkileyen faktörlerdir. Daha önce ki başlıklarda anlatıldığı üzere, kristal yapısını temperleme prosesi (sıcaklık, süre, kayma hızı) etkilemektedir (Talbot, 2009). Çikolata ve ürünlerinde çeşidine bağlı olarak bulunan kakao yağı stabil Form V kristallerinin erime sıcaklığı 33,8° C'dir (DeMan, 1999).

Çikolatanın erime sıcaklığı, diferansiyel taramalı kalorimetre (Differential Scanning Calorimeter, DSC) cihazı ile saptanabilmektedir. Sıcaklığa karşı ısı akışının değişimini gösteren grafik ile, yağ kristallerinin erimeye başladığı nokta ($T_{başlangıç}$), erimenin maksimum hıza ulaştığı nokta (T_{pik}) ve yağın tamamının sıvı hale geldiği nokta (T_{son}) saptanabilmektedir (Toker, 2016).

Yağ miktarı, yağ bileşimi, kristal boyutu ve polimorfik yapının (Lonchampt & Hartel, 2004) erime özelliklerini etkilediği, aynı zamanda bir araya gelmiş olan yapıların erimeye karşı direncini arttırdığı (Glicerina, 2013) dile getirilmiştir.

2.5.5 Duyusal Özellikler

Çikolata ürünlerinin kabulü ve tercihini belirleyen en önemli faktör lezzettir (Afoakwa, 2010). Bu noktada yapılan duyusal analizler ile ürünlerin tüketici kitlesi tarafından beğeni durumu eğitimli panelistler tarafından test edilebilmektedir. Çikolata ve ürünlerinde sıklıkla değerlendirilen duyusal analiz parametrelerine örnek olarak tat, ağız hissi, erime ve sertlik verilebilir.

3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan bitter çikolata, proses ve reçete olarak standardize edilmiş endüstriyel gofret örnekleri, emülgatörler (PGPR ve Ayçiçek lesitini) Altınmarka Gıda San. ve Tic. A. Ş.'den temin edilmiştir.

3.1.1 Bitter Çikolata Örneklerinin Hazırlanması

Çikolata kaplı gofret üretimi için standart ve minimum hammadde ile bir bitter çikolata reçetesi oluşturulmuştur. Burada az hammadde kullanılmasının amacı diğer hammaddelerin etkilerini elimine etmektir. Bitter çikolata kullanılmasındaki esas amaç farklı hammaddelerden gelebilecek etkiyi elimine edebilmek ve emülgatörlerin etkisini daha net anlayabilmektir.

Tablo 3.1'de çikolata kaplı gofret üretiminde kullanılacak ana bitter çikolatanın reçetesi gösterilmiştir. Detay Gıda San. ve Tic. A.Ş.'ye ait olan pilot ekipmanlarda üretilmiştir. Öncelikle 45°C sıcaklığa getirilip eritilmiş olan kakao kitleleri mikser kazanına alınıp üzerine, kullanılacak olan şekerin tamamı alınmış ve 5 dakika düşük hızda, 5 dakika yüksek hızda olmak üzere toplam 10 dakika boyunca homojen olarak karıştırılmıştır. Oluşan hamurun, partikül boyutu küçültülmek üzere incelticiye alınmıştır. 35 °C sıcaklık ve 400 rpm dönme hızına sahip laboratuvar tipi 3'lü incelticide (Buhler, İsveç) hamur maneul olarak beslenerek partikül boyutu 20 µ olacak şekilde inceltirilmiştir. Bu işlemin ardından inceltilen ürün miktarı tartılarak konçta eklenecek olan kakao yağı miktarı hesaplanmıştır. Konca alınan ürüne, kuru konçlama yapması için % 0,5 kakao yağı ilave edilmiştir ve 3 saat kuru konçlamanın ardından kalan kakao yağı eklenerek 9 saat sıvı konçlama işlemi yapılmıştır. Konçlama işleminin son 20 dakikasında ise lesitin ilave edilerek homojen bir karışım sağlanmıştır. Bu aşamadan sonra bitter çikolata elde edilmiştir. Oluşturulan bu reçete ve prosese hiçbir emülgatör eklenmemiştir. Tablo 3.2'de çikolata örneklerinin bileşimi verilmiştir. Standart olarak üretilmiş çikolata örnekleri 50°C'

ye ısıtılıp içerisine 0,1- 0,2- 0,3, 0,4- 0,5- 0,6- 0,7- 0,8 g/100 g oranlarında ayçiçek lesitini ilave edilmiştir.

Tablo 3.1 Kaplamada Kullanılan Standart Çikolata Reçetesi

Bileşenler	Yüzde(%)
Kakao Kitlesi	44,65
Kakao Yağı	10,7
Şeker	44,65
Toplam	100

İdeal oranlarda kaplama miktarı oluşturulmuş olan 0,4g/100g lesitin içeren çikolata örneğine 0,1g/100 g, 0,15g/100g ve 0,2g/100g PGPR ilave edilmiştir. Hazırlanan bu farklı çözeltideki çikolata örnekleri gofret kaplama işleminde, erime ve şekil verilmeden sıvı olarak reolojik ölçümlerde kullanılmıştır.

Tablo 3.2 Çikolata Örneklerinin Birleşimi

Örnekler	Lesitin(%)	PGPR(%)
Kontrol	0,0	0,00
Formülasyon 1	0,1	0,00
Formülasyon 2	0,2	0,00
Formülasyon 3	0,3	0,00
Formülasyon 4	0,4	0,00
Formülasyon 5	0,4	0,10
Formülasyon 6	0,4	0,15
Formülasyon 7	0,4	0,20
Formülasyon 8	0,5	0,00
Formülasyon 9	0,6	0,00
Formülasyon 10	0,7	0,00
Formülasyon 11	0,8	0,00

3.1.2 Bitter Çikolata Kaplı Gofret Örneklerinin Hazırlanması

Standart olarak endüstriyel hatta üretilen gofret örnekleri Detay Gıda San. ve Tic. A. Ş.'den temin edilen gofret numuneleri kullanılmıştır. Öncelikle farklı konsantrasyonlar da emülgatör içeren çikolata örnekleri temperlenmiştir. Temperleme sırasında, 45°C sıcaklıktaki örneğin 2/3'lük kısmı, soğuk mermer üzerine dökülerek ileri geri hareketlerle yayılması sağlanmış ve kısmen kristalize (25-27°C) edilmiştir. Kısmen kristalize olmuş çikolatanın üzerine kalan çikolata

(1/3) ilave edilerek kararsız polimorflar eritilmiş ve yalnızca kararlı kristallerin kalması sağlanmıştır. Farklı yoğunluktaki emülgatörler ile hazırlanan çikolata örnekleri sırasıyla temperlenmiş ve laboratuvar tipi tünelde gofret kaplama işlemi uygulanmıştır. Şekil 3.1’de bu uygulamada kullanılan tünel gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Çikolata kaplı gofret üretiminde kullanılan kaplama ünitesi ve tünel

Gofret kaplama işlemi için laboratuvar tipi kaplama ekipmanı kullanılmıştır. Ekipmana bağlı soğutma tüneli 10°C sıcaklıkta sabit tutulmuştur. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan tel ve tünel hızında değişiklik yapılmamış ve numuneler aynı noktadan beslenmiştir, numunelere sabit ve standart olan bir hava uygulanmıştır. Temperlenmiş çikolata mermer üzerinden kaba alınmıştır, daha sonra plaka üzerine yerleştirilmiş ve tartılmış gofret numuneleri sırasıyla daldırma işlemi ile çikolata batırılmış ve aynı noktadan tel bant üzerine besleme yapılmıştır. Ürünler tel bant üzerinden geçerken sabit bir hava akımı ile üfleme işlemine tabi tutulmuş ve çikolata kaplı gofret ürünü üzerindeki fazla çikolatanın akması sağlanmıştır. Daha sonra tel bant üzerindeki örnekler bantüzerine geçerek soğutma tüneline girmiştir. Ürünler tünele girdikten sonra 10 dakika tünel içerisinde bekletilmiş ve stabil hale gelmeleri sağlanmıştır. Çikolata kaplı gofret örnekleri beslendikleri sıra ile tünelin sonundan toplanmış ve hem tek tek hem de tüm örneklerin toplu olarak gramajları ölçülmüştür.

11 örnek için aynı yöntemler izlenerek kaplama işlemi yapılmış ve gofret örnekleri hazırlanmıştır. Bu gofret örnekleri ile ürünlerin kaplama oranları hesaplanmış, renk analizi yapılmış, tekstür analizi ve duyu analizleri yapılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Çikolata Örneklerine Uygulanan İşlemler

3.2.1.1 Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Erimiş çikolata numunelerinin reolojik özelliklerini belirlemek için basınç (stress) veya gerilim (strain) kontrollü reometre (MCR 302, Anton Paar, Avustralya) kullanılmıştır. Sistemin ısınması ve sıcaklık kontrolü için su banyosu destekli peltier sistem kullanılmıştır. Reolojik ölçümde silindirik prob (CC27, Anton Paar, Avustralya) kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen sistem kullanılarak, analiz öncesi 40 °C'de su banyosu kullanılarak çikolata örnekleri eritilmiş çikolata numunelerinin sabit sıcaklıkta kalması sağlanmıştır.

Çikolata örneklerinin reolojik özellikleri, ICA (International Confectionery Association) tarafından önerilen yöntemle bağlı olarak belirlenmiştir. İşlem basamakları aşağıdaki gibi uygulanmıştır.

1. Aşama: Numuneler 40 °C sıcaklıkta sabit tutulmuş ve 500 saniye boyunca 5 s⁻¹ kesme hızı (shear rate) ile homojenleştirilmiştir.
2. Adım: 180 sn boyunca kesme hızının 2 s⁻¹'den 50 s⁻¹ arasında artan kesme hızı uygulanmıştır.
3. Adım: 60 saniye boyunca 50 s⁻¹ sabit kesme hızı uygulanmıştır.
4. Aşama: Örnekler azalan kesme hızları ile azalarak 50 s⁻¹ ve 2 s⁻¹ arasında azalan kesme hızı 180 sn boyunca uygulanmıştır. Reolojik ölçümler 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Dördüncü aşamada elde edilen veriler Casson model (eşitlik 3.9) kullanılarak akış için gerekli basınç (yield stress) ve plastik viskozite elde edilmiştir.

$$\tau^{0,6} = \tau_0^{0,6} + \eta_{pl} \dot{\gamma}^n \quad (3.1)$$

Denklemdede τ , kayma gerilimi (shear stress); τ_0 , akış için gerekli kuvvet (yield stress); η_{pl} , plastik viskozite ve $\dot{\gamma}$, kesme hızı (shear rate) değerini simgelemektedir (Rao, 1999).

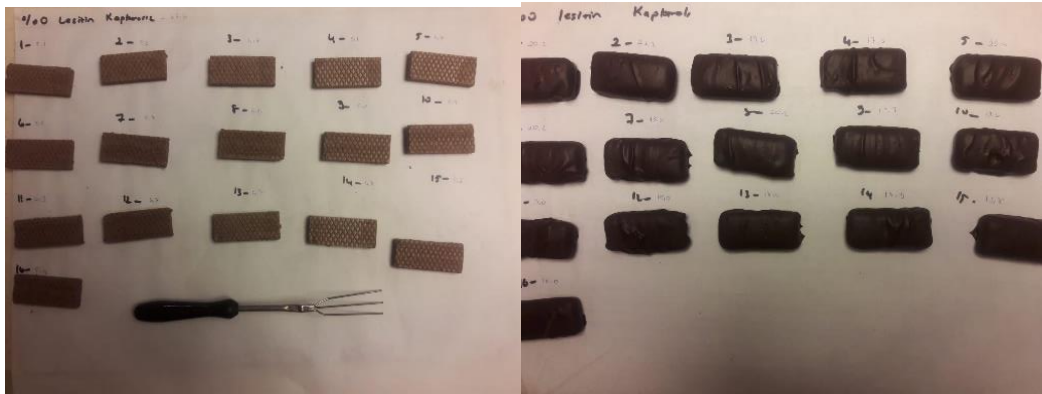
3.2.1.2 Erime Özelliklerinin Belirlenmesi

Çikolata örneklerinin erime özellikleri DSC (Diferansiyel taramalı kalorimetre) (TA Q20, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Örnekler (yaklaşık 5 mg) 40 mL kapasiteli analiz kaplarına konudu ve numune presi kullanılarak hermetik kapakla kapatıldı. Analiz verileri 5°C/dk ısıtma hızında 5 ila 50 °C arasında ısıtılmasından sonra elde edilen termogramlardan hesaplanmıştır. Analiz sonucunda numunelerin erime profili, başlangıç sıcaklığı (numunelerin erimesinin başladığı nokta), pik sıcaklığı (en yüksek erime oranının görüldüğü yer olan T_{pik}), bitiş sıcaklığı ve ΔH (tamamen erime için gerekli enerji) 'yi hesaplanmıştır.

3.2.2 Çikolata Kaplı Gofret Örneklerine Uygulanan Analizler

3.2.2.1 Gofret Kaplama Oranlarının belirlenmesi

Ürünlerin kaplama miktarının hesaplanabilmesi için hem kaplanmamış gofret örnekleri tek tek tartılmış hemde kaplandıktan sonra tek tek tartılma işlemine tabii tutulmuşlardır. Kaplama oranında ortalama bir değer elde edebilmek için her örnekte 16 paralelli çalışılmış ve ölçümlerden gelebilecek sapmalar elimine edilmeye çalışılmıştır. Aşağıdaki şekillerde çalışma yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Kaplamasız ve kaplamalı örneklerin gramaj tartımları örneği

3.2.2.2 Renk Parametrelerinin Belirlenmesi

Çikolata kaplı gofret örneklerinin renk parametreleri kolorimetre cihazı (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japan) kullanılarak 6 paralelli olarak ölçülmüştür.

Örneklerin L^* (parlaklık), a^* ($\pm$ kırmızı-yeşil) ve b^* ($\pm$ sarı-mavi) renk parametreleri incelenmiştir. Periche ve ark. (2015)'nin kullandığı denklemler yardımıyla, örneklerin kroma (C^*) ve hue (h^*) değerleri sırasıyla eşitlik 3.6 ve eşitlik 3.7'e kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.2)$$

$$h^* = \arctan(b^*/a^*) \quad (3.3)$$

3.2.2.3 Duyusal Özelliklerin Belirlenmesi

Farklı emülgatör oranları ile hazırlanan örneklerinin duyusal analizi Detay Gıda San. ve Tic. A.Ş. bünyesindeki eğitimli panelistlerin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Panelistlerden ürünleri genel beğeni, görünüş, tat, ağızda erime ve gofret cıtırılığına bakarak değerlendirmeleri istenmiştir. 5 ölçekli (1: en az beğenilen, 5: en çok beğenilen) hedonik skala ile değerlendirme işlemi yapılmıştır. Oda sıcaklığında bekletilen çikolata kaplı gofret örnekleri panelistlere bütün olarak ve kesilerek sunulmuştur.

3.2.2.4 Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi

Çikolata kaplı gofret örneklerinin tekstürel özellikleri, 5 kg yük hücresi ve 3 noktalı bükme aparatı ile donatılmış tekstür analiz cihazı kullanılarak (TA.HD Plus, Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) her örnek için 8 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Tekstür analizi sırasında uygulanan test öncesi hızı, test hızı ve test sonrası hızı sırasıyla 1,00 mm/s, 1,00 mm/s ve 10,00 mm/s'dir. Zamana karşı kuvvet testi ile çikolata kaplı gofret örneklerinin sertlik ve kırılma değeri elde edilmiştir.

Çikolata kaplı gofret örneklerinin kırılması için uygulanması gereken kuvvet miktarı sertlik değerine, probun örneği kırması için yaptığı penetrasyon miktarı ise kırılma değerini vermektedir. Çikolata kaplı gofret örneklerinin sertlik değerleri gram (g), kırılma değeri ise milimetre (mm) biriminden verilmiştir.

3.3. İstatistiksel Analizler

11 farklı formülasyon ile hazırlanan çikolata örneklerine renk analizi, tekstür analizi ve reolojik analizler yapılmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen veriler, Windows tabanlı SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) istatistik paket programı

kullanılarak gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı tek faktör analizi ANOVA ile ve hangi gruplar arasında farklılık olduğu ise Tukey testi kullanılarak tespit edilmiştir..



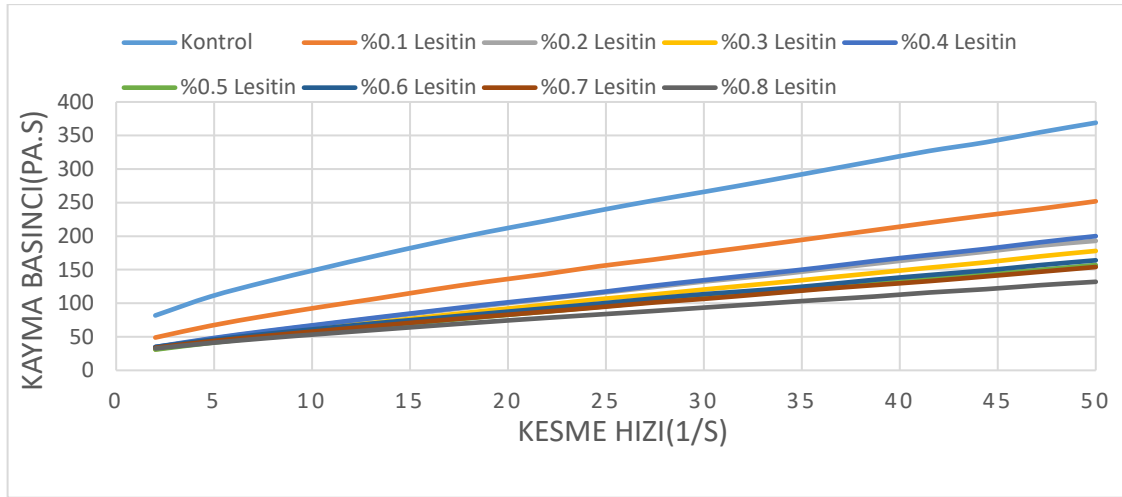
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Çikolata Örneklerinin Kalite Özellikleri

4.1.1 Çikolataların Reolojik Özellikleri

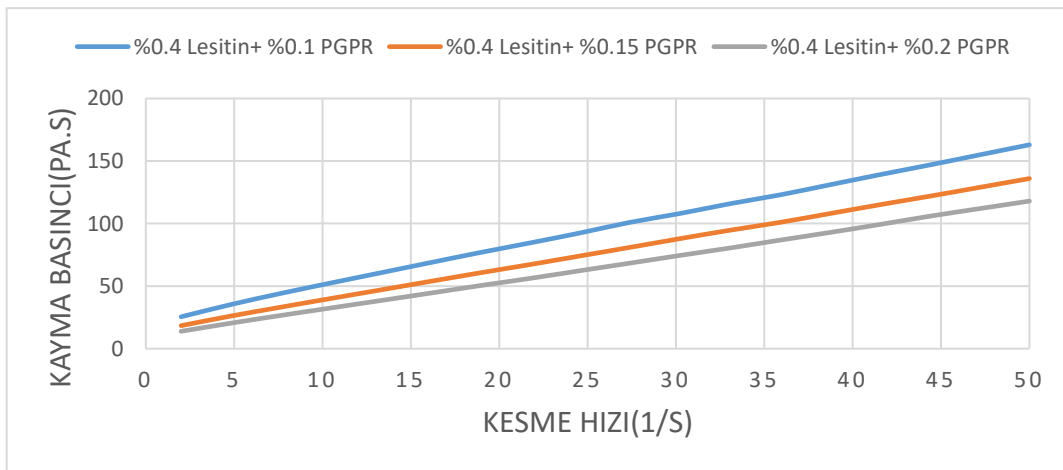
Bu çalışma kapsamında çikolata örneklerinin yatışkan faz reolojik özellikleri (steady shear rheology) ele alınarak viskozitenin sıcaklığa göre değişimi saptanmıştır. Akma basıncı, bir materyalin akış durumuna geçmesi için uygulanması gereken minimum enerji anlamına gelmektedir (Toker, 2016). Plastik viskozite ise, materyalin akışını sürdürebilmesi için gerekli olan enerjiyi ifade etmektedir (Toker, 2016). Farklı konsantrasyonlarda lesitin ve PGPR ilave edilen çikolata örneklerinin reolojik özellikleri aşağıdaki şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Çikolata örneklerinde kesme hızı arttıkça kayma basıncı değerlerinde meydana gelen artış, azalarak devam etmiştir. Buradan anlaşıldığı üzere çikolata kaplama örneklerinde akış davranışı shear thinning (kayma incelmesi) olarak belirlenmiştir. Shear thinning akış gösteren örneklerde artan kesme hızı (karıştırma hızı) etkisi ile molekül yapısında düzleşmeler ve bozulmalar meydana gelir. Örneğin molekül yapısında meydana gelen bu düzleşmeler sayesinde, moleküller birbiri üzerinde daha rahat hareket ederek viskozite değerinin düşmesine neden olurlar. Eriyik çikolatanın reolojik özelliklerinin incelendiği pek çok çalışmada, çikolatanın shear thinning akış davranışı gösterdiğini doğrulamıştır (Toker, 2016).

Kesme hızına karşılık kayma basıncı değeri en yüksek olan örnek, lesitin içermeyen kontrol örneği olmuştur. Formülasyona ilave edilen lesitin miktarı arttıkça, kesme hızına karşılık kayma basıncı değerleri düşmüştür. Bu durum viskozite değerlerinin azalması ile sonuçlanmıştır. Şekil 4.2 de görüldüğü üzere lesitin içermeyen kontrol örneği en yüksek viskoziteye sahipken, maksimum (%0,80) lesitin konsantrasyonuna sahip çikolata örneğinin viskozitesi en düşük bulunmuştur.



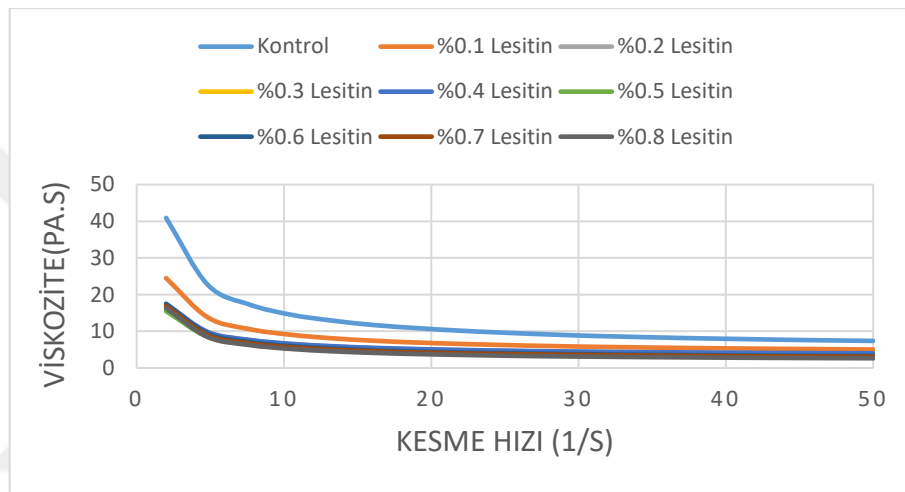
Şekil 4.1 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın akış davranış grafiği

Çikolata örneklerinde kullanılan lesitin miktarı arttıkça akma basıncının azaldığı ancak %0,4 ten fazla lesitin ilavesi ile etkinin değiştiği gözlemlenmiştir. Bu yüzden ideal akma eğilimi gösteren %0,4 lesitin içeren örnekler farklı oranlarda PGPR örnekleri ilave edilmiştir. Şekil 4.2’de %0,4 sabit lesitin konsantrasyonuna sahip çikolata örneklerine artan miktarlarda (%0,10, %0,15 ve %0,20) PGPR ilave edilmiş örneklerin kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği verilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere ilave edilen PGPR oranı arttıkça, kesme hızına karşılık ölçülen kayma basıncı değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Bu durum PGPR konsantrasyonunun artan değerlerde kullanımı, örneklerin viskozite değerlerinde azalmaya yol açmıştır (Şekil 4.2).

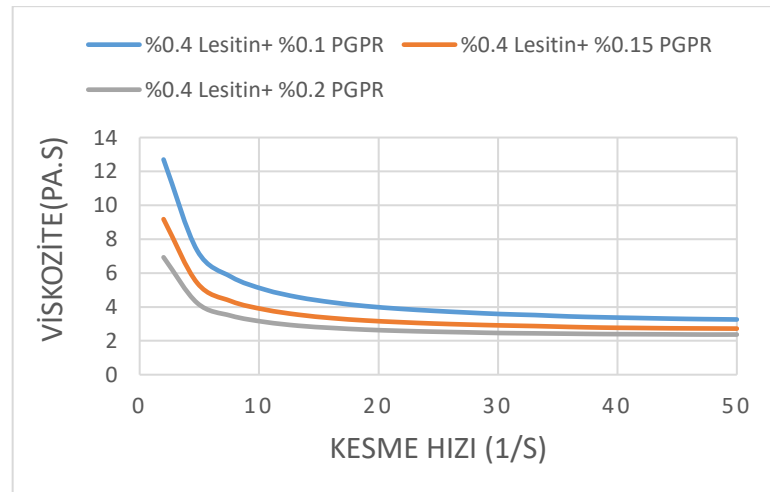


Şekil 4.2 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolatanın akış davranış grafiği

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de sırasıyla farklı lesitin ve PGPR konsantrasyonlarına sahip çikolata numunelerinin kesme hızına karşı viskozite grafikler gösterilmektedir. Bu grafiklere göre, kesme hızı arttıkça viskozite değerlerinin azaldığı görülmektedir. Literatür bilgileri incelendiğinde kesme hızı arttıkça viskozitenin azaldığı bir çok çalışma ile saptanmıştır. (Schantz ve Rohm 2005, Sokmen ve Gunes 2006, Do ve ark. 2007, Afoakwa ve ark. 2008b, De Graef ve ark. 2011, Fernandez ve ark. 2013, Glicerina ve ark. 2013, Glicerina ve ark. 2015a, Glicerina ve ark. 2015b, Rezende ve ark. 2015, Glicerina ve ark., 2016, El-Kalyoubi ve ark., 2011). Emülgatör ilavesinin bu akış davranışını değiştirmediği aşağıdaki tabloda görülmektedir.



Şekil 4.3 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın kesme hızına karşı viskozite grafiği



Şekil 4.4 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolatanın kesme hızına karşı viskozite grafiği

Farklı oranlarda ilave edilen lesitin ve PGPR ilaveli çikolata kaplama örneklerinin reolojik ölçümlerinden elde edilen kayma basıncı değerleri Casson model kullanılarak model parametreleri hesaplanmıştır. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de farklı oranlarda lesitin ve PGPR içeren çikolata kaplama örneklerinin hesaplanan casson model parametreleri ve determinasyon katsayısı (R^2) gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Farklı Konsantrasyonlarda Lesitin İçeren ikolata rneklerinin Casson Model Parametreleri

Lesitin Kons. (%)	τ_0 (Pa)	η_{pl} (Pa.s)	R^2
0,0	10,71±0,13	2,31±0,01	0,9995
0,1	7,39±0,08	1,92±0,00	0,9999
0,2	5,69±0,02	1,70±0,01	0,9997
0,3	5,37±0,05	1,61±0,01	0,9995
0,4	5,70±0,03	1,72±0,00	0,9991
0,5	6,18±0,04	1,19±0,01	0,9989
0,6	4,42±0,01	1,58±0,00	0,9984
0,7	3,32±0,00	1,47±0,00	0,9972
0,8	2,55±0,00	1,39±0,00	0,9963

τ_0 : Akma Basıncı (Yield Stress); η_{pl} : Plastik Viskozite.

Tablo 4.1’de farklı oranlarda (% 0,1, %0,2, %0,3, %0,4, % 0,5, %0,6, %0,7 ve %0,8) lesitin içeren çikolata kaplama örneklerinin casson modellerine ait R^2 değerleri sırasıyla 0,9963-0,9999 arasında değişmektedir. Kontrol örneğine ait R^2 değeri ise 0,9995 olarak belirlenmiştir. R^2 değerlerinin 1’e yakın olması, elde edilen deneysel veriler ile model kullanılarak belirlenen tahmini verilerin birbirine yakınlığını temsil etmektedir. Dolayısıyla elde edilen R^2 değerleri, farklı oranlarda lesitin içeren kaplama örneklerinin akış davranışının model tarafından doğru tahminlendiğini göstermektedir.

Farklı oranlarda lesitin içeren kaplama örneklerinin akma basıncı ve plastik viskozite değerleri sırasıyla 7,39-5,37 Pa ve 1,92-1,19 Pa.s arasında değiştiği, kontrol örneğin ise akma basıncının 10,71 Pa ve plastik viskozitesinin 2,31 Pa.s olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.2’de farklı konsantrasyonlarda PGPR içeren örnekler incelendiğinde ise R^2 değerlerinin 0.9988- 0.9991 arasında değiştiği gözlemlenmektedir.

Tablo 4.2 Farklı Konsantrasyonlarda PGPR İçeren Çikolata Örneklerinin Casson Model Parametreleri

PGPR Kons. (%)	τ_0 (Pa)	η_{pl} (Pa.s)	R^2
0,10	5,53±0,03	1,43±0,00	0,9991
0,15	6,13±0,06	1,43±0,01	0,9989
0,20	6,10±0,04	1,36±0,10	0,9988

τ_0 : Akma Basıncı (Yield Stress); η_{pl} : Plastik Viskozite.

Yukarıda da belirtildiği gibi bu durum deneysel veriler ile model olarak kullanılan verilerin birbirine yakınlığını göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen R^2 değerleri, farklı oranlarda PGPR içeren kaplama örneklerinin akış davranışının model tarafından doğru tahminlendiğini göstermektedir.

Farklı oranlarda PGPR içeren kaplama örneklerinin akma basıncı ve plastik viskozite değerleri sırasıyla 4,42-2,55 Pa ve 1,58-1,39 Pa.s arasında değiştiği belirlenmiştir.

Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolata kaplamanın reolojik parametrelerine istatistiksel açıdan etkisi Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolata kaplamanın reolojik parametrelerine etkisi

Lesitin Kons. (%)	τ_0 (Pa)	η_{pl} (Pa.s)
0	10,71±0,13 ^A	2,31±0,01 ^A
0.1	7,39±0,08 ^B	1,92±0,00 ^B
0.2	5,69±0,02 ^D	1,70±0,01 ^C
0.3	5,37±0,05 ^E	1,61±0,01 ^D
0.4	5,70±0,03 ^D	1,72±0,00 ^C
0.5	5,53±0,03 ^{DE}	1,43±0,00 ^E
0.6	6,13±0,06 ^C	1,43±0,01 ^E
0.7	6,10±0,04 ^C	1,36±0,10 ^F
0.8	6,18±0,04 ^C	1,19±0,01 ^G

Farklı harfler aynı parametredeki istatistiksel açıdan önemli farklılıkları gösterir ($P<0.05$)

Çikolata kaplama formülasyonuna artan oranlarda ilave edilen lesitin miktarı, kaplama viskozitesi ve kaplama akma basıncında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar oluşturmuştur. Çikolata kaplama formülasyonunda lesitin ilave edilmeyen örneğin akma basıncı 10,71 Pa ve plastik viskozitesi 2,31 Pa.s olarak

hesaplanmıştır. Kaplama formülasyonuna % 0,1 oranında lesitin ilavesinde ise akma basıncı 7,39 Pa ve plastik viskozites 1,92 Pa.s olarak ölçülmüştür. Sonuçlarda görüldüğü üzere akma basıncı ve plastik viskozite değerlerinde lesitin ilavesine bağlı olarak azalma meydana gelmiştir. Bu azalma ise istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Çikolata formülasyonuna ilave edilen lesitin konsantrasyonu % 0,2 ve % 0,3'e arttırıldığında ise akma basıncı ve plastik viskozite değerleri düşme eğilimini sürdürmeye devam etmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda % 0,2 ve % 0,3 lesitin ilaveli kaplamalar, % 0,1 lesitin içeren kaplama örneklerinden istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir. Ayrıca % 0,3 lesitin ilaveli kaplama örnekleri, % 0,2 lesitin ilaveli kaplama örneklerinden istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir. Çikolata kaplama örneklerine % 0,4 oranında lesitin ilave edildiğinde ise akma basıncı ve plastik viskozite değerlerinin, % 0,2 oranında lesitin içeren örneklerden istatistiksel anlamda önemli bir farklılığa sahip olmadığı görülmüştür. Lesitin oranı % 0,5'e çıkarıldığında, plastik viskozite değeri önemli ölçüde düşerken akma basıncı değerinde istatistiksel anlamda önemli bir farklılık yoktur. Bu noktadan sonra ilave edilen lesitin miktarının artışı (%0,6, % 0,7 ve % 0,8), çikolata kaplama örneklerinin akma basıncı değerleri üzerinde önemli bir değişiklik oluşturmamıştır. %0,6, % 0,7 ve % 0,8 lesitin ilaveli çikolata örneklerinin akma basıncı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Fakat % 0,6, % 0,7 ve % 0,8 oranında lesitin içeren kaplama örneklerinin plastik viskozite değerlerinin, lesitin artışına bağlı olarak, azaldığı gözlemlenmiştir ve değerlerde meydana gelen bu azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür.

Tablo 4.4 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplamanın reolojik parametrelere etkisi

PGPR Kons. (%)	τ_o (Pa)	η_{pl} (Pa.s)
0,10	4,42±0,01 ^A	1,58±0,00 ^A
0,15	3,32±0,00 ^B	1,47±0,00 ^B
0,20	2,55±0,00 ^C	1,39±0,00 ^C

Farklı harfler aynı parametredeki istatistiksel açıdan önemli farklılıkları gösterir ($P<0.05$)

Lesitin Konsantrasyonu = % 0,4

Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplamanın reolojik parametrelere etkisi ve istatistiksel açıdan değerlendirilmesi Tablo 4.4'de gösterilmiştir.

Çikolata kaplama formülasyonuna ilave edilen PGPR oranı (% 0,10, % 0,15 ve %0,20) arttıkça, kaplama akma basıncı ve plastik viskozitesinde azalma meydana gelmiştir. İlave edilen PGPR oranı % 0,10 olduğunda, akma basıncı 4,42 Pa ve plastik viskozite 1,58 Pa.s olarak ölçülmüştür. PGPR oranı % 0,15'e çıkarıldığında, bu değerler sırasıyla 3,32 Pa ve 1,47 Pa.s olarak ölçülmüştür. PGPR konsantrasyonunun artması ile değerlerde meydana gelen azalma istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Kaplama formülasyonuna % 0,20 oranında PGPR eklendiğinde ise akma basıncı 2,55 Pa ve plastik viskozite 1,39 Pa.s olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre, % 0,20 PGPR ilaveli örnek % 0,15 PGPR ilaveli örnekden istatistiksel anlamda önemli farklılık göstermiştir. Sonuç olarak artan oranlarda PGPR ilavesi, çikolata kaplama formülasyonlarının akma basıncı ve plastik viskozite değerlerini önemli ölçüde düşürmüştür.

4.1.2 Erime Özelliklerinin Sonuçları

Tablo 4.5'de Dsc yöntemi ile çikolatanın erime davranışının sonuçları verilmiştir. Termal parametrelerden T_{ilk} , ilgili kristalin erimeye başladığı sıcaklığı; T_{pik} , erimenin en hızlı olduğu sıcaklığı; T_{son} , sıvılaşmanın tamamlandığı sıcaklığı ve ΔH ise erimenin tamamen gerçekleşebilmesi için gerekli olan enerji miktarını göstermektedir. (Afoakwa ve ark., 2008a). Tablo 4.5'de görüldüğü gibi tüm örneklerin erimeye başladığı değerler birbirine yakın görünmektedir. Ürünlerin yapısında değişiklik olmamasına rağmen lesitin miktarı arttıkça pik değerleri düzensiz şekilde değişkenlik göstermektedir. Lesitin miktarı arttıkça ürünlerin erimesi için gereken enerji miktarının arttığı gözlemlenmektedir. %0,2-0,3 lesitin içeren örneklerde ise lesitin miktarı artışına bağlı olarak ΔH değerinin azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.5 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın erime özelliklerine etkisi

Lesitin Kons. (%)	T_{ilk} (°C)	T_{pik} (°C)	T_{son} (°C)	ΔH (J/g)
0,0	15,53	20,03	24,93	13,78
0,1	15,24	19,29	24,3	15,90

Tablo 4.5 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın erime özelliklerine etkisi(devamı)

0,2	15,01	18,85	24,88	15,07
0,3	15,01	19,00	24,30	14,66
0,4	15,14	19,07	24,25	15,98
0,5	15,16	19,00	24,40	17,36
0,6	15,04	18,84	23,98	15,60
0,7	14,97	18,64	24,30	15,98
0,8	15,08	18,74	24,72	18,65

PGPR ilave edilmiş örneklerin erime özelliklerine ait değerler Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolatanın erime özelliklerine etkisi

PGPR Kons. (%)	T_{ilk} (°C)	T_{pik} (°C)	T_{son} (°C)	ΔH (J/g)
0,1	15,02	18,80	24,25	14,88
0,15	14,96	18,75	24,77	15,93
0,2	14,98	18,63	24,56	16,25

PGPR ilave edilen örneklerin konsantrasyon artışına bağlı olarak erimenin en hızlı olduğu sıcaklık ve sıvılaşmanın tamamlandığı sıcaklık değerleri düzensiz şekilde değişkenlik göstermektedir. Örneklerin erimeye başladığı sıcaklık %0,15– 0,2 PGPR içeren örneklerde birbirine yakın değerler görülmektedir. PGPR ilave edilen örneklerde ise PGPR konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak ürünlerin erimesi için gerekli olan enerji miktarının arttığı görülmektedir.

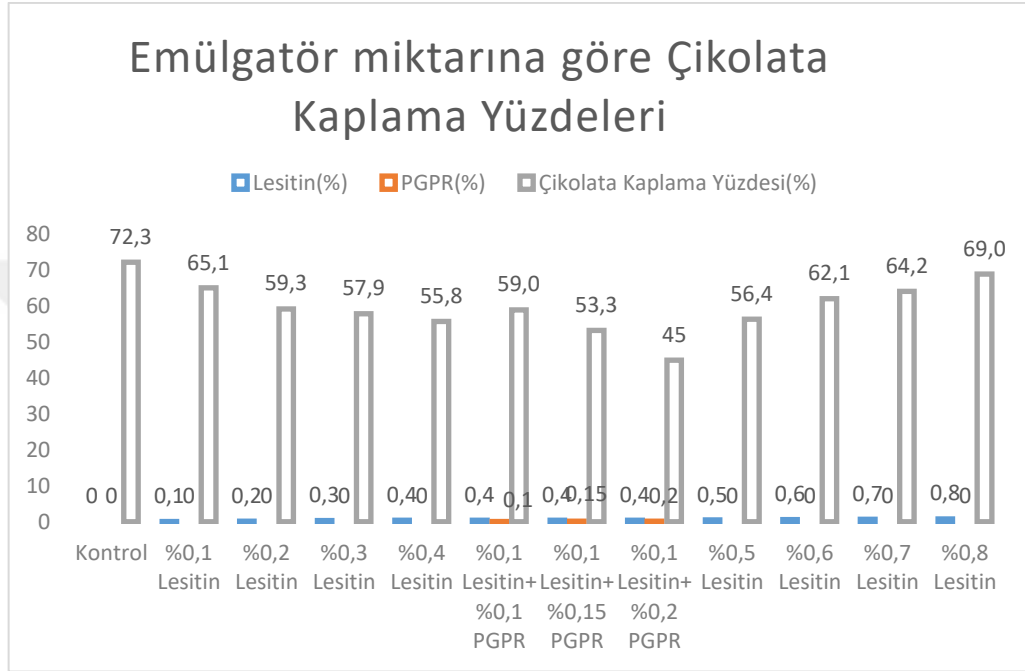
4.2 Çikolata Kaplı Gofret Örneklerine Uygulanan Analizlerin Sonuçları

Farklı emülgatör çeşit ve bileşimi ile hazırlanan çikolata örnekleri gofret kaplama prosesinde kullanılmıştır. Hazırlanan çikolata kaplı gofret örneklerine uygulanan işlemler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.1 Gofret Kaplama Oranlarının Sonuçları

Şekil 4.5'de eş proseslere tabi tutulan farklı miktarlarda emülgatör içeren örneklerin kaplama oranları şematize edilmiştir. Emülgatörlerin akma noktası üzerinde önemli etkileri olduğu bilinmektedir, buna rağmen farklı işlem basamaklarında ve farklı proseslerde bu etkiler değişebilmektedir. Burada önemli olan nokta işlemin uygulandığı sıcaklık ve bu işlem sırasında uygulanan hız ve süre

parametreleridir. Aşağıdaki Şekil 4.5 incelendiğinde ilk olarak doğrudan baz olarak kullanılan aynı çikolata üzerinde lesitin etkisi değerlendirilecek olursa, kontrol grubundan itibaren lesitin oranları arttırıldığında %0,4 lesitin içeren örneğe kadar kaplama oranlarının ciddi bir farkla azaldığı görülmektedir. Hiç bir emülgatör içermeyen kontrol grubu ile %0,4 lesitin içeren ürünler arasında %16,5 kaplama oranında azalma görülmektedir.



Şekil 4.5 Emülgatör miktarına göre çikolata kaplama yüzdelereinin değişimi

%0,4 lesitin içeren örnekle %0,5 lesitin içeren örnek arasında ciddi bir kaplama oranı olmamasına rağmen lesitin miktarının artışına bağı olarak kaplama oranlarının tekrar arttığı gözlenmiştir. %0,4 lesitin içeren formülasyon 4 ten sonra lesitin aktivitesi ters etki yapmaya başlamıştır. Bu noktadan sonra lesitin ilavesinin son ürün üzerindeki etkisi tersine dönmeye başlamıştır. %0,8 lesitin içeren örnek ile hiç lesitin içermeyen örnek arasındaki kaplama farkı sadece %2,3 olarak görülmüştür.

Bir kırılım noktası yaratan %0,4 lesitin içeren örneğin farklı versiyonları denenmiş ve lesitin yanına farklı konsantrasyonlarda PGPR'da eklenerek etkisi gözlemlenmiştir. %0,2 konsantrasyonun kadar PGPR eklenen örneklerin hepsinde

bu noktaya kadar kaplama oranının azaldığı gözlemlenmiştir. En iyi sonucu ise %0,2 PGPR ve %0,4 lesitin içeren örnek vermiştir.

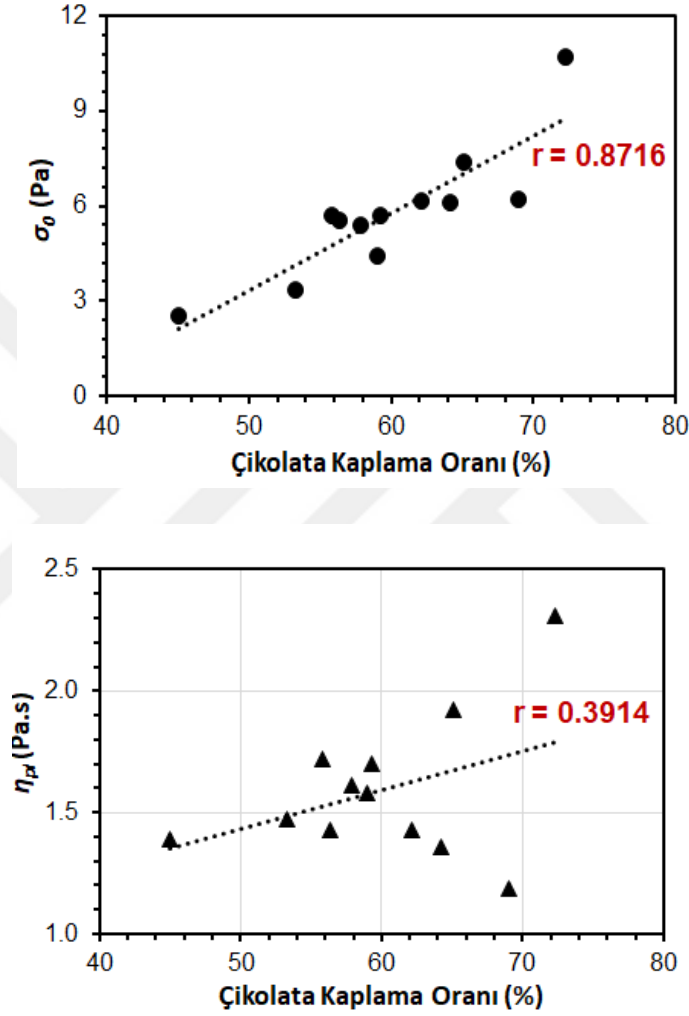


Şekil 4.6 Farklı Emülgatör Yüzdeleri ile Kaplanmış Ürünlerin Kesit Görselleri

Kaplanmış ürünlerin kaplama kalınlıkları ve kesit görselleri aşağıdaki görsellerde de net olarak görülmektedir. Kaplama kalınlıkları yüzeyde dalgalanmalar olduğu ve net sonuç vermeyeceği için ölçülmemiştir. Çalışmada kaplama oranları üzerinden ilerlenmiştir.

4.2.1.1 Çikolata Kaplama Oranı ile Reolojik Parametreler Arasındaki Korelasyon

Çikolata kaplama akış davranışını belirlemek için kullanılan reolojik parametreler ile çikolata kaplama oranı arasında ilişki korelasyon analizi ile incelenerek hangi parametrenin kaplama aşamasında daha önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Reolojik parametreler ve çikolata kaplama oranı arasındaki korelasyon (σ_0 : Akma basıncı, η_p : plastik viskozite)

Şekilden de görüldüğü gibi akma basıncı (yield stress) ve plastik viskozite parametreleri ile çikolata kaplama oranı arasındaki ilişki incelenmiştir. Kaplama oranı ile akma basıncı arasındaki korelasyon katsayısı 0.8716 olarak bulunmuşken bu değer plastik viskozite ile kaplama oranı arasında 0.3914 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar kaplama oranı ile akma basıncı arasında kuvvetli bir pozitif yönde ilişki

olduğunu göstermektedir. Plastik viskozite ile kaplama oranı arasında ise zayıf bir ilişki tespit edilmiştir. Kaplama aşamasında son ürün kalite özellikleri ve kaplama miktarı açısından çikolata kaplamasının akma basınç değerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Formülasyon dikkate alındığında özellikle PGPR kullanılarak akma basıncı değerinin optimize edilerek arzu edilen kalitede ürün üretimi elde edilecektir.

4.2.2 Renk Analizinin Sonuçları

Farklı oranlarda lesitin ve PGPR içeren örnekler için renk analiz sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir. Ürün formülasyonunda baz olan çikolatada bir değişiklik yapılmamasına rağmen emülgatör ilavesi ile ürünlerin akış davranışının değişmesine bağlı olarak renk parametrelerinde de değişikliklerin meydana geldiği görülmektedir. Renk skalası 0 ile 100 arasında ölçülen L^* parametresi ürün parlaklığı hakkında fikir vermektedir. a^* ve b^* parametreleri sırasıyla artan pozitif değerlerde kırmızılık ve sarılığ, artan negatif değerlerde ise yeşillik ve maviliği temsil etmektedir. Kroma (C^*), hue (h^*) ve WI parametreleri ise renk doygunluğu, renk açısını ve beyazlık indeksi hakkında fikir vermektedir.

Tablo 4.7 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolatanın renk özelliklerine etkisi

Lesitin Kons. (%)	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
0,0	31,05±1,65	3,30±0,18	3,40±0,52	4,75±0,48	45,57±3,23
0,1	31,68±1,01	3,51±0,25	3,65±0,48	5,08±0,49	45,94±2,47
0,2	30,56±0,26	3,40±0,14	4,30±0,15	5,48±0,18	51,62±0,90
0,3	31,69±0,50	3,42±0,15	5,57±0,29	6,54±0,21	58,41±2,22
0,4	31,67±0,27	3,47±0,10	4,35±0,39	5,57±0,34	51,35±2,28
0,5	33,17±0,31	3,13±0,16	4,82±0,20	5,78±0,21	57,26±0,72
0,6	32,24±0,33	3,24±0,13	4,12±0,09	5,24±0,09	51,87±1,36
0,7	32,98±0,46	3,29±0,17	4,66±0,29	5,71±0,23	54,74±2,44
0,8	32,56±1,00	3,32±0,45	6,22±0,18	7,06±0,31	62,02±0,31

Renk analiz sonuçları incelendiğinde lesitin içeren örnekler kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Lesitinli örneklerin L^* değerleri 30,56 ile 33,17 arasında değişen değerler sergilemektedir.

Tablo 4.8 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolatanın renk özelliklerine etkisi

PGPR Kons. (%)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	<i>h</i> *
0,10	37,71±0,58	3,53±0,21	2,81±0,62	4,56±0,19	38,21±0,44
0,15	33,10±0,28	3,93±0,07	1,67±0,12	4,28±0,10	22,98±1,28
0,20	37,38±1,58	3,47±0,42	2,41±0,33	4,24±0,35	34,84±5,38

PGPR örneklerine bakıldığında ise bu değer 33,10 ile 37,71 arasında değişen değerler göstermiştir. Özellikle PGPR kullanımının ürün parlaklığı üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir. *a** ve *b** değerleri incelendiğinde ise PGPR içeren örneklerin daha açık kahverengi tonlarında bir görünüme sahip olduğunu söylemek mümkündür. *C* ve *h* değerleri incelendiğinde ise PGPR içeren örneklerin daha düşük değerler gösterdiği görülmektedir.

*a** ve *b** değerleri lesitin ve PGPR'lı örnekler için karşılaştırılacak olursa PGPR ilavesinin ürünün sarılığını azalttığı ve kırmızılığını arttırdığı görülmektedir. Lesitinli örnekler PGPR içeren örneklerle göre daha koyu kahve tonlarında görülmektedir.

Tablo 4.9 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolata kaplamanın renk özelliklerine etkisi

Lesitin Kons. (%)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	<i>h</i> *
0,0	31,05±1,65 ^{BC}	3,30±0,18 ^A	3,40±0,52 ^E	4,75±0,48 ^D	45,57±3,23 ^D
0,1	31,68±1,01 ^{ABC}	3,51±0,25 ^A	3,65±0,48 ^{DE}	5,08±0,49 ^{CD}	45,94±2,47 ^D
0,2	30,56±0,26 ^C	3,40±0,14 ^A	4,30±0,15 ^{BCD}	5,48±0,18 ^{BC}	51,62±0,90 ^C
0,3	31,69±0,50 ^{ABC}	3,42±0,15 ^A	5,57±0,29 ^A	6,54±0,21 ^A	58,41±2,22 ^{AB}
0,4	31,67±0,27 ^{ABC}	3,47±0,10 ^A	4,35±0,39 ^{BC}	5,57±0,34 ^{BC}	51,35±2,28 ^C
0,5	33,17±0,31 ^A	3,13±0,16 ^A	4,82±0,20 ^B	5,78±0,21 ^B	57,26±0,72 ^B
0,6	32,24±0,33 ^{AB}	3,24±0,13 ^A	4,12±0,09 ^{CD}	5,24±0,09 ^{BCD}	51,87±1,36 ^C
0,7	32,98±0,46 ^A	3,29±0,17 ^A	4,66±0,29 ^{BC}	5,71±0,23 ^{BC}	54,74±2,44 ^{BC}
0,8	32,56±1,00 ^{AB}	3,32±0,45 ^A	6,22±0,18 ^A	7,06±0,31 ^A	62,02±0,31 ^A

Farklı harfler aynı parametredeki istatistiksel açıdan önemli farklılıkları gösterir ($P<0.05$)

Lesitin ilaveli örnekler renk analizi sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde *L** parlaklık değerleri 30,56 ve 33,17 değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. %0,5- 0,6- 0,7- 0,8 lesitin ilaveli örnekler arasında

istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır. a* değerleri kıyaslandığında tüm örnekler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir. b* değerleri kıyaslandığında tüm örnekler arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır.

Tablo 4.10 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplamanın renk özelliklerine etkisi

PGPR Kons. (%)	L*	a*	b*	C*	h*
0,10	37,71±0,58 ^A	3,53±0,21 ^{AB}	2,81±0,62 ^A	4,56±0,19 ^A	38,21±0,44 ^A
0,15	33,10±0,28 ^B	3,93±0,07 ^A	1,67±0,12 ^B	4,28±0,10 ^A	22,98±1,28 ^B
0,20	37,38±1,58 ^A	3,47±0,42 ^B	2,41±0,33 ^A	4,24±0,35 ^A	34,84±5,38 ^A

Farklı harfler aynı parametredeki istatistiksel açıdan önemli farklılıkları gösterir ($P<0.05$)

Lesitin Konsantrasyonu = % 0,4

%0,1 ve %0,2 PGPR içeren örneklerin parlaklık L* ve b* değerleri kıyaslandığında anlamlı bir fark görülmektedir ancak bu iki örnek %0,15 PGPR içeren örnekten anlamlı olarak farklıdır. a* değerleri kıyaslanacak olursa %0,1 ve %0,15 PGPR içeren örnekler arasında anlamlı bir fark olmamasına karşın %0,2 PGPR içeren örnek bu ürünlerden anlamlı olarak farklıdır.

4.2.3 Duyusal Özelliklerin Sonuçları

Bu tez kapsamında panelistler tarafından 1 ile 5 arasında puanlama ile gerçekleştirilen ürünlere ait tadım sonuçları aşağıda lesitin içeren örneklerle ait olanlar Tablo 4.11’de, PGPR içeren örneklerle ait olan sonuçlar Tablo 4.12’de verilmektedir.

Tablo 4.11 Farklı konsantrasyonlarda lesitin içeren çikolata kaplı gofret örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Lesitin Kons. (%)	Genel Beğeni	Görünüş	Tat	Ağızda Erime	Gofret Çıtırılığı
0,0	2,2±0,5	1,8± 0,7	2,3± 0,4	1,5± 0,4	2,5± 0,4
0,1	2,4±0,7	2,5± 0,7	2,3± 0,5	2,0± 0,6	2,5± 0,5
0,2	3,0±0,7	2,5± 0,8	2,7± 0,5	2,3± 0,6	2,5± 0,6
0,3	3,0±0,6	3,0± 0,6	3,2± 0,2	3,0± 0,3	3,3± 0,4
0,4	3,3±0,4	3,8± 0,2	3,7± 0,6	3,5± 0,4	3,0± 0,3
0,5	3,7±1,0	3,4± 0,7	3,3± 0,7	3,1± 0,5	3,1± 0,4
0,6	3,2±1,1	3,1± 0,6	2,7± 0,4	1,5± 0,6	2,0± 0,5
0,7	2,5±0,9	2,3± 0,7	2,5± 0,8	2,1± 0,5	2,0± 0,8
0,8	2,4±0,8	2,3± 0,7	2,3± 0,3	2,0± 0,6	2,0± 0,6

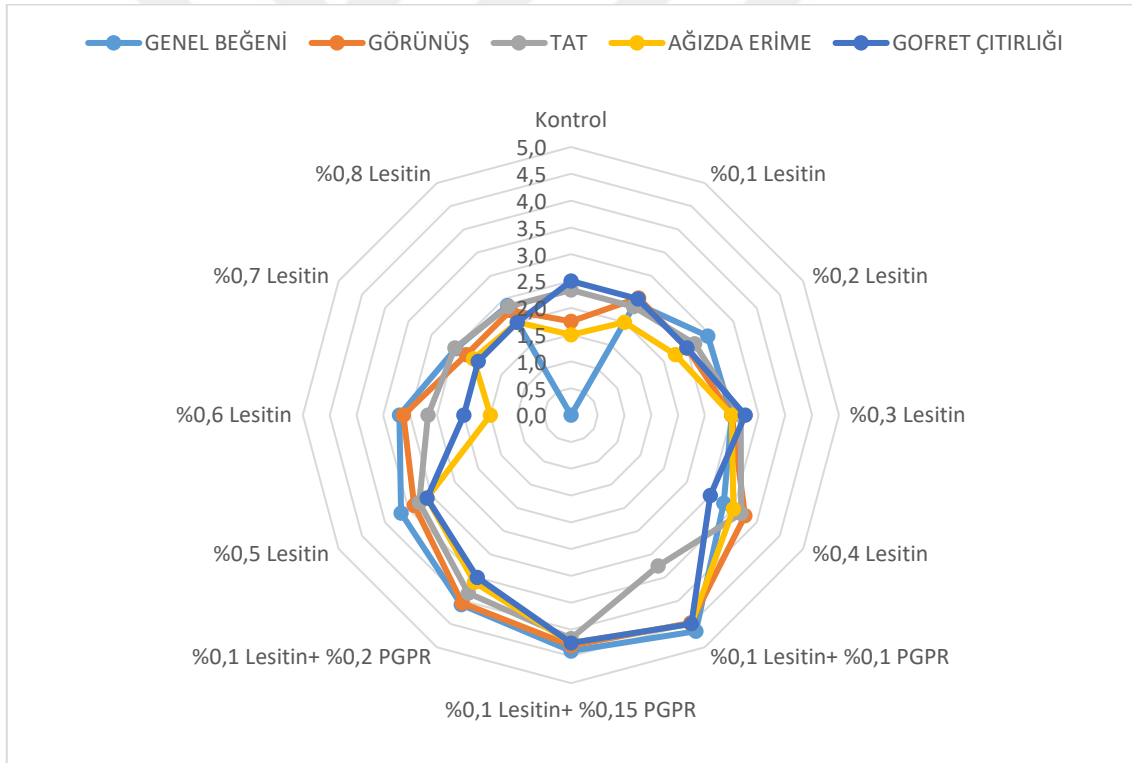
Değerler göz önüne alındığında lesitin örnekleri kendi içerisinde incelenmiştir. Genel beğeni olarak en iyi sonucu %0,5 lesitin içeren örneğin’in verdiği

görülmektedir. Bu örneği ise %0,4 lesitin içeren örnek takip etmektedir. Görünüş, tat, ağızda erime ve gofret çıtırılığı olarak değerlendirildiğinde ise en iyi sonuçları %0,4 lesitin içeren örneğin sergilediği görülmektedir. Yeme algısını ve çikolata kaplı gofretlerden istenen beklentiyi karşılamaktadır.

Tablo 4.12 Farklı konsatrasyonlarda PGPR içeren çikolata kaplı gofret örneklerine ait duyuusal analiz sonuçları

PGPR Kons. (%)	Genel Beğeni	Görünüş	Tat	Ağızda Erime	Gofret Çıtırılığı
0,10	4,7± 0,3	4,5± 0,3	3,3± 0,4	4,5± 0,3	4,5± 0,4
0,15	4,4±0,3	4,3± 0,3	4,2± 0,2	4,3± 0,2	4,3± 0,2
0,20	4,1±0,7	4,1± 0,5	3,8± 0,2	3,6± 0,3	3,5± 0,3

Şekil4.8’de örümcek ağı diyagramında ise ürünlerin dağılımları verimiştir. %0,4- 0,5 lesitin içeren örneklerin diğerlerinden önde bir performans sergilediği diyagramdan da görülmektedir.



Şekil 4.8 Duyusal analiz sonuçları örümcek ağı diyagramı

PGPR’lı örnekler incelendiğinde panelistlerin en çok %0,4 lesitin ve %0,1 PGPR içeren örnekleri beğendiği görülmektedir. Bunun başlıca nedeni hem çikolata

oranının ince olmasına rağmen belirgin şekilde hissedilmesi hem de gofretin hissedilebilmesidir. Diğer PGPR'lı örneklerde ise konsantrasyon arttıkça kaplama oranı çok azaldığı için panelistler tarafından tercih edilmemektedirler. Çikolata kaplı gofret ürününden beklenen şey hem gofret hemde çikolatayı eşit oranda yiyebilmektir. Kaplama oranı çok fazla arttığında hem ekonomik olarak hemde yeme hissi olarak panelistleri tatmin etmemiştir.

Şekil 4.9'da Farklı konsantrasyonlardaki çikolata kaplı gofretörneklerinin üstten görünümü verilmiştir. Duyusal olarak panelistlerin değerlendirmeleri göz önünde alındığında kontrol, %0,1- 0,6- 0,7-0,8 lesitin içeren örneklerin şekilsiz, dağınık ve dalgalı görüntüsünün uygun olmadığı yorumları yapılmıştır. Ürünlerde kuyruk oluşumu gözlemlenmiştir. Kaplama oranı inceldikçe kaplanan ürün olan gofretin hatları daha belirgin hale gelmiştir. Lesitin ve PGPR ilevesi ile akışkanlığın iyileştirilmesi gofret üzerinden çikolatanın daha kolay akmasına ve bant geçişinde çapakların(kuyruk) daha kolay ayılmasına olanak sağlamıştır.



Şekil 4.9 Farklı konsantrasyonlarda oluşturulmuş çikolata kaplı gofret örneklerinin üstten görünümü

Artan konsantrasyonlarda lesitin ilavesi ile ürünün kaplama kalınlığı ve yüzey kalınlığı tekrar artmıştır. Çikolata gofret yüzeyinde daha yoğun kalmış ve üstten erilen hava ile sıyrılamamıştır. Görünüm açısından ürünü değerlendiren panelistler yüzeydeki

dağınık dalgalanmaların çikolata kaplı gofret ürününde kalite problem olarak görüldüğü yorumlarını yapmışlardır.

4.2.4 Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi

Farklı formülasyonlardaki örneklere ait analiz sonuçları Tablo 4.13'te gösterilmektedir. Kontrol örneğinden %0,4 lesitin içeren örneğe kadar sertlik parametresinin arttığı aynı şekilde %0,4 lesitin içeren örnekten %0,8 lesitin içeren örneğe kadar ise sertliğin tekrar azaldığı görülmektedir. Kırılgenlik üzerinde de aynı etkiler gözlemlenmiştir.

Tablo 4.13 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının çikolata kaplamanın tekstürel özelliklerine etkisi

Lesitin Kons. (%)	Sertlik(g)	Kırılgenlik(mm)
0,0	5390,98	9,27
0,1	2034,14	8,56
0,2	2078,44	8,39
0,3	1729,67	8,42
0,4	1682,67	8,10
0,5	1846,69	8,12
0,6	2382,82	8,07
0,7	2199,29	9,06
0,8	2778,50	8,98

PGPR içeren çikolata kaplı gofret örneklerinin sertlik ve kırılgenlik değerleri Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplamanın tekstürel özelliklerine etkisi

PGPR Kons. (%)	Sertlik(g)	Kırılgenlik(mm)
0,10	1347,86	5,89
0,15	1217,46	6,48
0,20	904,63	5,67

PGPR içeren örneklerde PGPR miktarı arttıkça sertliğin azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan PGPR konsantrasyonu %0,15 olana kadar kırılgenlik azalırken %0,2 konsantrasyonuna geçildiğinde kırılgenliğin arttığı gözlemlenmiştir.

Farklı konsantrasyonlarda lesitin içeren çikolata kaplı gofret örneklerinin tekstürel özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesini içeren veriler tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15 Farklı konsantrasyonlarda lesitin kullanımının son ürünün tekstürel özelliklerine etkisi

Lesitin Kons. (%)	Sertlik (g)	Kırılgenlık (mm)
0.0	5009,8±398,9 ^A	11,31±1,09 ^A
0.1	1937,7±172,0 ^{CD}	8,46±0,64 ^B
0.2	2127,8±150,2 ^{BCD}	8,35±0,48 ^B
0.3	1817,4±225,6 ^D	8,49±0,41 ^B
0.4	1538,8±228,1 ^D	8,15±0,36 ^B
0.5	1967,9±124,8 ^{CD}	8,05±0,23 ^B
0.6	2085,4±688,8 ^{BCD}	8,06±0,09 ^B
0.7	2515,8±141,7 ^{BC}	8,94±0,21 ^B
0.8	2637,6±289,7 ^B	8,87±1,11 ^B

Farklı harfler aynı parametredeki istatistiksel açıdan önemli farklılıkları gösterir (P<0.05)

%0-0.8 arası lesitin içeren örneklerinin sertlik değerleri 5009,8g ile 1538,8g arasında değişkenlik göstermektedir. En yüksek sertlik değerini hiçbir emülgatör içermeyen kontrol örneği vermektedir. En düşük sertlik değerini ise %0,4 lesitin içeren örnek vermektedir. %0,3 ve %0,4 lesitin içeren örnekler arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemektedir. %0,4 lesitin içeren örnek pik noktası varsayıldığında bu noktadan sonra lesitin konsantrasyonlarının artışı tekrar sertlik değerlerinin artışına neden olmaktadır. Bunun göstergesi olarak %0,2 lesitin içeren örnek ile %0,6 lesitin içeren örnek karşılaştırıldığında sertlik değerlerinin çok yakın olduğu istatistiksel olarak ise aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.

%0- 0.8 arası lesitin içeren örneklerinin kırılgenlık değerleri 11,31mm ile 8,05mm değerleri arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek kırılgenlık değerini 11,31mm ile hiç lesitin içermeyen örnek vermiştir. Hiç lesitin içermeyen kontrol örneği ile tüm konsantrasyonlarda lesitin içeren diğer örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark meydana geldiği görülmektedir. Ancak lesitin içeren örnekler kendi aralarında değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının çikolata kaplı gofret numunelerine etkileri Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 Farklı konsantrasyonlarda PGPR kullanımının son ürünün tekstürel özelliklerine etkisi

PGPR Kons. (%)	Sertlik (g)	Kırılgenlık (mm)
0,10	1372,9±181,9 ^A	5,90±0,46 ^{AB}
0,15	904,6±93,5 ^B	5,67±0,67 ^B
0,20	1217,5±135,0 ^A	6,48±0,41 ^A

Farklı harfler aynı parametredeki istatistiksel açıdan önemli farklılıkları gösterir ($P<0.05$)

Lesitin Konsantrasyonu = % 0,4

Sertlik değeri 1372,9g ile 904,6g arasında değışiklik göstermektedir. İstatistiksel olarak değeriendirildiğinde %0,1 ile %0,2 PGPR ilaveli örnekler arasında anlamlı bir fark olmadığı görölmektedir. %0,15 PGPR ilaveli örnek istatistiksel olarak diğeri örneklerden anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Kırılgenlık değerilerinin ise sertlik değeriğine paralel değeri verdiğizi gözlenmektedir. Kırılgenlık değeri 5,67mm ile 6,48mm arasında olup, %0,1 ve %0,2 PGPR içeren örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. %0,15 PGPR içeren örnek bu iki örnekten istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturarak ayrılmaktadır.

Çikolata ve çikolata bazlı ürünler incelendiğinde ana hammaddelerden biri olan kakao yağının en temel maliyet unsuru olduğu görülmektedir. Bu bilgiden yola çıkarak çikolata endüstrisinde ürün işlenmesini kolaylaştıracak aynı zamanda da ürünü farklı proseslere uygun hale getirecek farklı hammaddelerin kullanımı gerekli hale gelmiştir. Bu hammaddelerin başlıcalarının emülgatörler olduğu bilinmekle beraber çikolata endüstrisinde kullanılan iki temel emülgatör bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Bu emülgatörler ise lesitin ve PGPR'dır. PGPR esas olarak çikolatanın akma sınırı (yield value) değerini düşürürken lesitin plastik viskoziteyi değiştirir. Endüstriyel çikolata üretiminde ve üretilen endüstriyel çikolatanın farklı proseslerde kullanılmasına (kaplama, kalıplama ve dekorasyon gibi) olanak sağlayan ana unsurlar akma basıncı ve plastik viskozite olup farklı oranlarda kullanımı proses parametrelerini (sıcaklık, hız, süre) önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple bu iki emülgatörün birlikte kullanılabilmesinin optimum oranları çikolatanın kullanılacağı prosese uygun ayarlanmalıdır. Bu tez çalışmasının konusunu oluşturan çikolata kaplı gofret üretiminde akma basıncı en etkili faktörlerden biri olup belirli bir aralıkta tutulmalıdır. Akma basıncının çok düşük olması gofret üzerinden çikolatanın akıp gitmesine, bant geçişinde çapak (kuyruk) oluşmasına, üründe yer yer açılmalar olmasına, ince kaplamadan kaynaklı nem bariyeri oluşturulamamasına ve gofret yapraklarının birbirinden ayrılmasına neden olmaktadır. Akma basıncının çok yüksek olması ise, ürünün kaplama kalınlığının çok fazla artmasına, ürünün yüzeyden akamamasına ve üst yüzeyden yoğun dalgalar olmasına, gofret kenarlarında birikmeler olmasına, çok kalın çikolata katmanının oluşması ise gofret ile çikolata tabakasının birleşim noktalarında kırılmalar olmasına neden olmaktadır. Tüm bu sonuçlar proses verimliliğinin düşmesine, son ürün gramajında hedeflenen aralığın tutturulamaması ve maliyet hesaplarının beklenenden farklı olmasına, son ürün standardizasyonunun sağlanamamasına ve kalitesel problemlerin oluşmasına neden olabilmektedir.

Tüm çalışma boyunca farklı konsantrasyonlarda kullanılan emülgatörler ile 11 farklı örnek hazırlanmış ve bu örneklerin yüzdeleri piyasada yaygın olarak kullanılan sınırlar içerisinde oluşturulmuştur. Diğer hammaddelerden gelebilecek etkiyi elimine etmek için tebliğde belirtilen en basit şekliyle bitter çikolata reçetesi oluşturulmuştur. Hazırlanan tüm çikolata örneklerinin reolojik özellikleri ve erime özellikleri incelenmiştir. Çikolata kaplı gofret örnekleri ise çikolata kaplama oranları, renk parametreleri, duyuşal özellikleri ve tekstürel özellikleri ele alınarak değerlendirilmiştir.

Lesitin ilavesi ile oluşturulmuş çikolata örneklerinin akış özellikleri değerlendirildiğinde, kesme hızına karşılık kayma basıncı değeri yüksek olan örnek hiç emülgatör içermeyen kontrol örneği olmuştur. Buradan emülgatör ilave edilmeyen örneklerin akmaya karşı dirençli olduğu ve ürünleri karıştırmak için gerekli olan enerjinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Çikolata örneklerinde kullanılan lesitin miktarı arttıkça akma basıncının azaldığı ancak %0,4 ten fazla lesitin ilavesi ile etkinin değiştiği gözlemlenmiştir. Hiç lesitin ilave edilmeyen kontrol örneği ile %0,8 lesitin içeren örnek arasında çok az bir fark olduğu görülmüştür. Formülasyonlara ilave edilen lesitin miktarını optimum etki eden düzeyde tutmak çok önemlidir. Daha fazla lesitin kullanımı bir noktaya kadar akış davranışını iyileştirip olumlu etkiler yaratırken bu çalışmada olduğu gibi %0,4-0,5 seviyelerinden sonra kullanılan lesitin akış davranışını hiç emülgatör ilave edilmeyen ya da düşük miktarlarda ilave edilen noktalara geri çekmektedir. Bir seviyeden sonra lesitin ilavesi hem maliyet kaybına hem de akış davranışının bozulmasına neden olacaktır.

Farklı oranlarda ilave edilen lesitin ve PGPR ilaveli çikolata kaplama örneklerinin reolojik ölçümlerinden elde edilen kayma basıncı değerleri Casson model kullanılarak model parametreleri hesaplanmıştır. Casson model parametreleri ve determinasyon katsayıları incelendiğinde akış davranışının model tarafından doğru tahminlendiği görülmektedir.

Çikolata örneklerinde kullanılan lesitin miktarı arttıkça akma basıncının azaldığı ancak %0,4 ten fazla lesitin ilavesi ile etkinin değiştiği gözlenmiştir. Bu yüzden ideal akma eğilimi gösteren %0,4 lesitin içeren örneklere farklı oranlarda PGPR ilave

edilmiş ve konsantrasyon arttıkça akma basıncının azda olsa arttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak artan oranlarda PGPR ilavesi, çikolata kaplama formülasyonlarının akma basıncı ve plastik viskozite değerlerini önemli ölçüde düşürmüştür. Yukarıda bahsedildiği gibi akma basıncının düşmesi ürünün yüzeyden kayıp gitmesine olanak sağlayacaktır, viskozitenin düşmesi ise akmaya karşı gösterilen direncin azalması demektir yani ürünün karıştırılmasının daha az enerji ile yapılabilmesine ve akmaya başladıktan sonraki akışının sürekli olmasına olanak sağlamaktadır.

Erime özellikleri incelendiğinde emülgatörlerin erimeye başlama ve sıvılaşmanın tamamlandığı sıcaklıklara çok büyük etkisi olmadığı gözlemlenmiş ancak lesitin miktarı arttıkça ürünlerin erimesi için gereken enerjinin düzensiz olarak arttığı gözlemlenmiştir, erimenin en hızlı olduğu sıcaklık derecesinde ise azda olsa düşme gözlemlenmiştir. PGPR ilave edilen örneklerde ise PGPR konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak ürünlerin erimesi için gerekli olan enerji miktarının arttığı görülmektedir.

Çikolata kaplı gofretlerin kaplama oranları değerlendirildiğinde ise kontrol grubundan itibaren lesitin oranları arttırıldığında %0,4 lesitin içeren örneğe kadar kaplama oranlarının ciddi bir farkla azaldığı görülmektedir. Hiç bir emülgatör içermeyen kontrol grubu ile %0,4 lesitin içeren ürünler arasında %16,5 kaplama oranında azalma görülmektedir. Bu noktada ince bir kaplama için ideal oranın %0,4 lesitin içeren örnek olduğunu söylemek mümkündür. Bir kırılım noktası yaratan %0,4 lesitin içeren örneğin farklı versiyonları denenmiş ve lesitin yanına farklı konsantrasyonlarda PGPR'da eklenerek etkisi gözlemlenmiştir. %0,2 konsantrasyonuna kadar PGPR eklenen örneklerin hepsinde bu noktaya kadar kaplama oranının azaldığı gözlemlenmiştir. En ince kaplama için iyi sonucu ise %0,2 PGPR ve %0,4 lesitin içeren örnek vermiştir. Bu durum çok ince kaplama yapıldığında değerlendirilebilecek yüzdeleri bize vermektedir. Çok ince kaplama yapmak demek ürünün çok mükemmel bir nitelik kazandığı anlamına gelmemektedir. Üründen beklenen kalite özelliklerine göre ince ya da kalın kaplama o ürüne göre iyi olabilir. Ancak ince kaplama yapmak için %0,2 PGPR ve %0,4 lesitin en ideal sonuçları vermiştir. Çikolata kaplı gofret üretiminde ince kaplama yapmak

demek görece çikolataya göre daha uygun maliyetli olan gofretin reçetede daha fazla kullanılması ve maliyein düşürülmesi demektir. Ya da yüzey özelliğinin görünmesi istenen ürünlerde çok ince kaplama yapılması istenebilir böyle durumlarda da bu lesitin ve PGPR oranını kullanmak iyi sonuçlar verecektir.

akma basıncı (yield stress) ve plastik viskozite parametreleri ile çikolata kaplama oranı arasındaki ilişki korelasyon analizi ile incelendiğinde kaplama oranı ile akma basıncı arasında kuvvetli bir pozitif yönde ilişki olduğunu görülmüştür. Kaplama aşamasında son ürün kalite özellikleri ile kaplama miktarı açısından çikolata kaplanmasının ayarlanabilmesi için akma basıncının optimize edilmesi gerekliliğii görülmüştür. Akma basıncı üzerinde lesitine göre daha etkili olan PGPR kullaimının akma basıncı değerini optimize etmede önemli bir rol oynadığı ve istenilen son ürün kalitesine yaklaşmada önemli bir oynayacağı görülmüştür.

Renk analizi sonuçları ile PGPR kullanımınınrnn parlaklığını önemli ölçüde söylemek mümkündür. PGPR içeren örneklerin lesitin içeren örneklerle göre daha açık kahverengi tonlarında bir görünüme sahip olduğunu sylemkte aynı şekilde mümkündür.

Duyusal analiz sonuçları incelenecek olursa panelistlerin çikolata kaplı örnekler içerisinde en beğendiğii örnekler %0,4 lesitin içermekte ve PGPR oranları sırasıyla %0,1 ve %0,15'tir. Bu sonuç göz önüne alındığında PGPR ve lesitin oranı tüketicilerin çikolata kaplı gofret ürününden almak istedikleri çikolata ve gofret dengesindeki ideal oran için uygun yüzdeler oldukları varsayılabilir.

Tüm veriler üzerinde bir kırılım nnoktası yaratan %0,4 lesitin içeren örneğe kadar sertliğın azaldığı bu noktadan sonraki konsatrasyonlarda ise sertliğın tekrar artmaya başladığı görülmüştür. PGPR kullanımının ise artan konsantrasyonlarda sertliğı azalttığı gözlemlenmiştir. Lesitin kullanımının kırılganlık üzerinde ciddi bir etkisi olmazken PGPR kullanımı kırılganlığı önemli ölçüde azaltmıştır.

Optimum kullanılacak lesitin ve PGPR oranları uygulanacak proses ve reçeteye bağlı olarak ürünün ihtiyaç duyacağı miktarlara göre değişiklik gösterecektir. Ancak bu çalışmada oluşturulan bitter çikolata reçetesi ile çalışılmış bitter çikolata kaplı gofret örnekleri değerlendirilecek olursa; prosesin zorlanmadan ve kolay

işleyebilmesi için, panelistlerin değerlendirmeleri ile son ürün olan çikolata kaplı gofret örneklerinden beklenen özellikleri gösterebilmesi için ve standart bir üretim yaparak endüstriyel anlamda maliyetleri kontrol altında tutabilmek için %0,4 lesitin ve %0,15 PGPR kullanımı son üründe en etkili sonucu vermiştir. Uygulamaya bağlı olarak, optimum lesitin/PGPR karışımları 2:1, 2.5:1 ve 3:1 ile verilmektedir (Schantz ve Rohm, 2005). Bu tez çalışmasında elde edilen verilerde literatür bilgileri ile paralellik göstermiştir.

Sonuç olarak kakao yağı yerine çok daha düşük oranlarda lesitin ve PGPR kullanarak çikolatanın akış özelliklerini değiştirmek mümkündür. Bu durum bir çok çalışma ile kanıtlanmıştır (Atik vd., 2020, Schantz, 2005). Bu çalışma ile çikolata kaplı gofret örneklerine farklı emülgatörlerin etkileri incelenmiş ve çok az miktarlarda kullanılan emülgatörlerin ne kadar büyük farklar oluşturabileceği gözlemlenmiştir. Bu alanda daha önce detaylı çalışmalar yapılmamış olmasına karşılık bu çalışmanın bir kaynak niteliği oluşturması amaçlanmış ve bu alanda yapılacak üretimler için kullanılabilecek oranların etkileri hakkında fikir verebilecek bir nitelik kazanmıştır.

- AACC, 1999. Approved methods of analysis. St. Paul, Minnesota: The American Association of Cereal Chemists. Tenth Edition, March 2000, Metod 948.22.
- AACC, 1999. Approved methods of analysis. St. Paul, Minnesota: The American Association of Cereal Chemists. Tenth Edition, March 2000, Metod, 923.03.
- AACC, 1999. Approved methods of analysis. St. Paul, Minnesota: The American Association of Cereal Chemists. Tenth Edition, March 2000, Metod 950.48.
- Ačkar, Đ., Škrabal, S., Šubarić, D., Babić, J., Miličević, B., & Jozinović, A. (2015). Rheological Properties of Milk Chocolates as Influenced by Milk Powder Type, Emulsifier, and Cocoa Butter Equivalent Additions. *International journal of food properties*, 18(7), 1568-1574.
- Afoakwa, E.O. (2010). Chocolate Science and Technology. John Wiley & Sons Ltd., 311 s, United Kingdom.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2009). Matrix effects on flavour volatiles release in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC-mass spectrometry and GC-olfactometry. *Food Chemistry*, 113(1), 208-215.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008). Effects of tempering and fat crystallisation behaviour on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems. *Journal of Food Engineering*, 89(2), 128-136.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008a). Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 181-190.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008b). Effects of tempering and fat crystallisation behaviour on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems. *Journal of Food Engineering*, 89(2), 128-136.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., & Fowler, M. (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate—a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(6), 290-298.
- Amoye, S. (2006). Cocoa sourcing, world economics and supply. *The Manufacturing Confectioner*, 86(1), 81-85.
- Anonim (2017). Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği (Tebliğ No : 2017/29). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/11/20171103-10.htm> (Erişim Tarihi: 08.03.2019).
- Anonymous, (2009). Food and Agriculture Statistics, www.fao.org.tr.
- Ayala-Zavala, J., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodriguez, J. A., Siddiqui, M. W., ... & González-Aguilar, G. A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874.
- Awua, P. K. (2002). Cocoa processing and chocolate manufacture in Ghana. Essex. David Jamieson and Associates Press Inc.
- Baysal, A. (1996). Beslenme, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 494 sayfa.
- Beckett ST (2009). Industrial Chocolate Manufacture and Use (4th Edition). Wiley-Blackwell Publication, 732 s, United Kingdom.

- Beckett, S.T. (2008). *The Science of Chocolate* (2nd Edition). Royal Society of Chemistry, 252 s, Cambridge, UK.
- Beckett, S. T. (2000). *The Science of Chocolate*. London: Royal Society of Chemistry Paperbacks.
- Berbert, P. R. F. (1979). Contribuicao para o conhecimento dos acucares componentes da amendoa e do mel de cacao. *Revista Theobroma* (Brasil), 9, 55–61.
- Biehl, B. & Voigt, J. (1999). Biochemistry of cocoa flavour precursors. In *Proceedings of the 12th International Cocoa Research Conference, Salvador, Brazil, 1996*. Lagos, Nigeria: Cocoa Producers Alliance, pp. 929–938.
- Bolenz, S., Amtsberg, K. & Schape, R. (2006). The broader usage of sugars and fillers in milk chocolate made possible by the new EC cocoa directive. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 45–55.
- Briggs, J. L., & Wang, T. (2004). Influence of shearing and time on the rheological properties of milk chocolate during tempering. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(2), 117–121.
- Counet, C., Callemien, D., & Collin, S. (2006). Chocolate and cocoa: New sources of trans-resveratrol and trans-piceid. *Food Chemistry*, 98(4), 649–657.
- Counet, C., Ouwerx, C., Rosoux, D. & Collin, S. (2004). Relationship between procyanidin and flavor contents of cocoa liquors from different origins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 6243–6249.
- Çelik, Ç. (1998). Çikolataı Draje Yapımında Uygulanan Farklı İşlemlerin Rafömrü Üzerine Etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 122s., Yüksek Lisans Tezi.
- Di Mattia, C., Martuscelli, M., Sacchetti, G., Beheydt, B., Mastrocola, D., & Pittia, P. (2014). Effect of different conching processes on procyanidin content and antioxidant properties of chocolate. *Food research international*, 63, 367–372.
- Dimick, P. S. & Hoskin, J. C. (1999). The chemistry of flavour development in chocolate. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edn. Beckett, S. T. (Ed.). Oxford: Blackwell Science, pp. 137–152.
- El-kalyoubi, M., Khallaf, M.F., Abdelrashid, A., Mostafa, E.M. (2011). Quality characteristics of chocolate-containing some fat replacer. *Annals of Agricultural Science*, 56(2), 89–96. doi: 10.1016/j.aoas.2011.05.009.
- Engler, M. B., & Engler, M. M. (2006). The emerging role of flavonoid-rich cocoa and chocolate in cardiovascular health and disease. *Nutrition reviews*, 64(3), 109–118.
- Fowler, M. S. (1999). Cocoa beans: from tree to factory. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edn. Beckett, S. T. (Ed.). Oxford: Blackwell Science, pp. 8–35.
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2013). Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 173–179.
- Gürsu A., 1996, Kakaonun Alkalizasyonuna Etki eden Faktörlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi
- Granvogl, M., Bugan, S. & Schieberle, P. (2006). Formation of amines and aldehydes from parent amino acids during thermal processing of cocoa and model systems: new insights into pathways of the Strecker reaction. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 1730–1739.
- Hartel, R. W. (2001). *Crystallization in Food*. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc.

Hasenhuettl GL, Hartel RW (1997). Food emulsifiers and their applications. Springer, 405 s, New York, USA.

Haylock SJ, Dodds TM (1999). Ingredients from milk. In S. T. Beckett (Ed.), Industrial chocolate manufacture and use (3rd ed.). (pp. 137-152). Oxford: Blackwell Science.

Hurst, W. J., Glinski, J. A., Miller, K. B., Apgar, J., Davey, M. H., & Stuart, D. A. (2008). Survey of the trans-resveratrol and trans-piceid content of cocoa-containing and chocolate products. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(18), 8374-8378.

Hutchings, J. B. (1994). Food Colour and Appearance. Springer, 513 s, Glasgow, UK.

International Cocoa Organisation (ICCO) (2008). International Cocoa Organisation Report of Cocoa Statistics. *The Manufacturing Confectioner*, 88(3), 39-40.

International Confectionery Association (ICA) (2007). *Statistical Review*, 2007.

Chevalley, J. (1994). Chocolate flow properties. In *Industrial chocolate manufacture and use* (pp. 139-155). Springer, Boston, MA.

Jin, J., & Hartel, R. W. (2015). Accelerated Fat Bloom in Chocolate Model Systems: Solid Fat Content and Temperature Fluctuation Frequency. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(10), 1473-1481. doi:10.1007/s11746-015-2709-1.

Johnson, G. (1998). 'Chocolate tempering: a confectioner's perspective', *Manuf Conf*, 78(9), 65-73.

Kargı, Ö. (2019). Farklı Orijinli Kakao Kitlelerinin Bitter Çikolata Kalitesi Üzerindeki Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, 51 s., Yüksek Lisans Tezi.

Kattenberg, H.R., Muijnck, L., 1993. The Shelf Life of Cocoa Products Produced as Ingredients for the Food Industry, in Shelf Life Studies of Foods and Beverages, pp. 311-340, Ed. Charalambous, G., Elsevier Appl. Sci. Publ., Amsterdam.

Liendo, R., Padilla, F. C., & Quintana, A. (1997). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food research international*, 30(9), 727-731.

Lonchamp P, Hartel RW (2004). Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2004: 241-274.

Minifie, B. W. (1989). *Chocolate, Cocoa and Confectionery – Science and Technology*. London: Chapman & Hall.

Nattress, L. A., Ziegler, G. R., Hollender, R., & Peterson, D. G. (2003). Influence of hazelnut paste on the sensory properties and shelf-life of dark chocolate. *Journal of sensory studies*, 19(2), 133-148.

Nelson, R. B. (1988). Temperers, enrobers, moulding equipment and coolers. *Industrial chocolate manufacture and use/edited by ST Beckett*.

Oba, S., Toker, O. S., Palabiyik, İ., Konar, N., Goktas, H., Cukur, Y., ... & Sagdic, O. (2017). Rheological and melting properties of sucrose-free dark chocolate. *International journal of food properties*, 20(sup2), 2096-2106.

Osman, H., Nazaruddin, R. & Lee, S. L. (2004). Extracts of cocoa (*Theobroma cacao* L.) leaves and their antioxidation potential. *Food Chemistry*, 86, 41-45.

Ramli, N., Hassan, O., Said, M., Samsudin, W. & Idris, N. A. (2006). Influence of roasting condition on volatile flavour of roasted Malaysian cocoa beans. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30(3), 280-298.

Özocak, A., Ocak 2004, Çikolatalarda Kakao Yağı İkamelerinin Tesbiti, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Reineccius, G. (2006). *Flavour Chemistry and Technology*, 2nd edn. Boca Raton, FL: CRC Press.

- Reineccius, G. A., Andersen, D. A., Kavanagh, T. E. & Keeney, P. G. (1972). Identification and quantification of the free sugars in cocoa beans. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 20, 199–202.
- Robertson AR (1977) The CIE 1976 color difference formulae. *Color Res Appl* 2:7–11.
- Rohan, T. A. & Stewart, T. (1967). The precursors of chocolate aroma: production of free amino acids during fermentation of cocoa beans. *Journal of Food Science*, 32, 395–398.
- Rohan, T. A. (1963). Processing of raw cocoa for the market. FAO Agricultural Studies Report, Number 60. Rome, Italy: FAO Press.
- Schantz, B. & Rohm, H. (2005). Influence of lecithin – PGPR blends on the rheological properties of chocolate. *European Journal of Food Research and Technology*, 38, 41–45.
- Schenk, H., and Pescher, R., (2004). Understanding the Structure of Chocolate. *Radiation Physics and Chemistry*, 71, 829-835.
- Schwan, R. F., Rose, A. H. & Board, R. G. (1995). Microbial fermentation of cocoa beans, with emphasis on enzymatic degradation of the pulp. *Journal of Applied Bacteriology Symposium, Supplement*, 79, 96S–107S.
- Siebert, K. J., Troukhanova, N. V., & Lynn, P. Y. (1996). Nature of polyphenol– protein interactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(1), 80-85.
- Steffe, J. F., 1996: *Rheological Methods in Food Process Engineering*, Freeman Press, USA.
- Talbot G (2014). Fats for chocolate and sugar confectionery. In *Fats in Food Technology*, 2nd edition. Rajah KK (Ed.). John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK.
- Talbot, G. (1999). Chocolate temper. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edn. Beckett, S. T.(Ed.). Oxford: Blackwell Science, pp. 218–230.
- Talbot, G. (2009). Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionary and bakery products. Woodhead Publishing Limited, 505 s, United Kingdom.
- Talhat, A. M., Lister, V. Y., Moggridge, G. D., Rasburn, J. R., & Wilson, D. I. (2015). Development of a single droplet freezing apparatus for studying crystallisation in cocoa butter droplets. *Journal of Food Engineering*, 156, 67-83.
- Taylor, A. J. (2002). *Food Flavour Technology*. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press.
- Toker, O.S., Sagdic, O., Sener, D., Konar, N., Zorlucan, T. & Daglioglu, 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, Ö.S. (2016). Çikolata Kaplama Formülasyonunda Kullanılan Bitkisel Yağ Tipi ve İçeriğinin Optimizasyonu. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 165 s., Doktora Tezi.
- Vernier, F. C. (1997). *Influence of emulsifiers on the rheology of chocolate and suspensions of cocoa or sugar particles in oil* (Doctoral dissertation, The University of Reading).
- Vinson, J. A., Proch, J. & Zubik, L. (1999). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: cocoa, dark chocolate, and milk chocolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4821–4824.

- Zhao, H.H., Bingol, G. & James, B.J. (2018). Influence of non-fat particulate network on fat bloom development in a model chocolate, *Journal of Food Engineering*, 225, 12-17.
- Ziegleder, G. (2004). A greater understanding of your conching process. *ZDS Chocolate Technology, Cologne*.
- Ziegleder, G. (1991). Composition of flavor extracts of raw and roasted cocoas. *Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung und Forschung A*, 193, 32-35.



TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: goksenisik@outlook.com

Konferans Bildirileri

1. Işık G., Yakışık E., Toker S., (2019). " The Effect of Chocolate with Different Rheological Properties on Quality Characteristics Of Coates Wafer Production", 1. Uluslararası 11. Ulusal gıda Mühendisliği Kongresi, 5-9 Kasım 2019, Antalya.

