

**ÇİKOLATA KAPLAMA FORMÜLASYONUNDA
KULLANILAN BİTKİSEL YAĞ TİPİ VE
İÇERİĞİNİN OPTİMİZASYONU**

Ömer Said TOKER

Doktora Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

2. Danışman: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

2016

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**ÇİKOLATA KAPLAMA FORMÜLASYONUNDA KULLANILAN
BİTKİSEL YAĞ TİPİ VE İÇERİĞİNİN OPTİMİZASYONU**

Ömer Said TOKER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. ORHAN DAĞLIOĞLU

2. DANIŞMAN: PROF. DR. OSMAN SAĞDIÇ

TEKİRDAĞ-2016

Her hakkı saklıdır

Bu tezin bir kısmı, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından SANTEZ projesi kapsamında 0833.STZ.2014 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU danışmanlığında, Ömer Said TOKER tarafından hazırlanan “Çikolata Kaplama Formülasyonunda Kullanılan Bitkisel Yağ Tipi ve İçeriğinin Optimizasyonu” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Muhammet ARICI *İmza :*

Üye: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU (Danışman) *İmza :*

Üye: Prof. Dr. Murat TAŞAN *İmza :*

Üye: Doç. Dr. Ümit GEÇGEL *İmza :*

Üye: Yrd. Doç. Dr. Halime PEHLİVANOĞLU *İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Dokora Tezi

ÇİKOLATA KAPLAMA FORMÜLASYONUNDA KULLANILAN BİTKİSEL YAĞ TİPİ VE İÇERİĞİNİN OPTİMİZASYONU

Ömer Said TOKER

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

2. Danışman: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Bu çalışmada, çikolata kaplama üretim prosesinin ve çikolata kaplama formülasyonunda farklı yağ kullanımının son ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmış ve arzu edilen kalitede çikolata kaplaması üretebilmek için formülasyon veya üretim prosesinde yapılabilecek değişikliklere katkı sağlamak amaçlanmıştır. Araştırma, başlıca üç aşamadan oluşmuştur. Birinci aşamada, çikolata kaplaması üretiminde uygulanan inceltme işleminin ürün kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. İnceltme işlemi ile kaplama örneklerinin partikül boyutu önemli derecede azalmışken buna bağlı olarak yüzey alanında artma tespit edilmiştir. Çikolata kaplama örneklerine ait akma basıncı (τ_0) ve plastik viskozite değerleri (η_{pl}), inceltme işlemi arttıkça artış göstermiştir. İnceltme işleminin çikolata kaplamasının erime özelliklerine etkisi de istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Bu kısımda çalışılan örneklerin aroma özellikleri de belirlenmiş ve inceltme işleminin çikolata kaplamasının aroma özelliklerini genel olarak önemli derecede etkilediği belirlenmiştir ($p<0,05$). İkinci aşamada bilyalı öğütücü mil hızı (40-60 rpm) ve inceltme süresi (10-30 dakika) bağımsız değişkenlerinin çikolata kaplamasının partikül boyutuna, renk ve reolojik özelliklerine etkisini belirleyebilmek için yanıt yüzey metodu kullanılmıştır. Çikolata kaplamasının viskozite değeri (η), mil hızı ve inceltme süresi arttıkça artarken partikül boyutu azalmıştır. Üçüncü aşamada ise, çikolata kaplama formülasyonunda farklı yağlar (palm olein, tereyağı, fındık, ayçiçeği, kanola, hindistan cevizi, mısır, soya, pamuk ve palm çekirdeği) yağ bazında farklı oranlarda (% 2,5, % 5,0, % 7,5 ve % 10) palm stearin yağı ile karıştırılarak üretilen çikolata kaplamalarının renk, erime, reolojik ve tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Çikolata kaplamasının renk parametreleri (L^* , hue açısı ve kroma), η değeri, sertlik ve elastikiyet değerleri ile erime özellikleri (T_{ilk} , T_{son} , T_{pik} ve ΔH), formülasyonda kullanılan yağ çeşidinden ve konsantrasyonundan genel olarak önemli derecede etkilenmiştir ($p<0,05$). Özellikle örneklere ait sertlik değerleri, ilave edilen yağ konsantrasyonu arttıkça azalmıştır. Çikolata kaplamasında istenilen kalite özellikleri, tüketildiği bölgenin iklimine ve kaplamanın kullanıldığı ürünün çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Çikolata kalite özelliklerinin üretim prosesinden, yağ çeşidinden ve konsantrasyonundan önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların, çikolata kaplama özellikleri dikkate alınarak proses ve formülasyon optimizasyonunda endüstriye katkı sağlama potansiyeli bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çikolata kaplama, proses, yağ, yanıt yüzey yöntemi, bilyalı öğütücü

2016, 148 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

OPTIMIZATION OF CONCENTRATION AND TYPE OF OILS USED IN THE COMPOUND CHOCOLATE FORMULATION

Ömer Said TOKER

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

Supervisor: Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
2. Advisor: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

In this study, the effect of production process and usage of different oils on the quality characteristics of the compound chocolate was investigated. By this way, it was aimed to enable the industry in terms of performing changes in production and processes to produce the compound chocolate with desired quality. The research was mainly composed of three parts. In the first part, the influence of refining process applied during production on the quality characteristics of the products obtained from factory was investigated. Particle size of the samples decreased with refining process; therefore, surface area increased. Yield stress (τ_0) and plastic viscosity (η_{pl}) parameters of compound chocolates increased with decreasing of particle size. The effect of refining process on the melting characteristics of the compound chocolate was found to be statistically insignificant ($p>0,05$). However, the volatile composition of the compound chocolate was significantly affected by refining process applied ($p<0,05$). At the second part, response surface methodology was applied to determine change in particle size, colour and rheological properties of the compound chocolates with respect to ball mill shaft speed (40-60 rpm) and refining time (10-30 min.). As viscosity of compound chocolate (η) increased with increasing shaft speed and refining time, particle size decreased. At the third part, different oils (palm olein, butter, hazelnut, sunflower, canola, coconut, corn, soybean, cotton and palm kernel) mixed with palm stearin at different concentrations (% 2,5, % 5,0, % 7,5 and % 10) based on fat base and the effect of these mixtures on the quality characteristics of compound chocolates (colour, melting properties, rheology and texture) were determined. Colour properties (L^* , hue angle and chroma), η , hardness and elasticity values and melting parameters (T_{ilk} , T_{son} , T_{pik} and ΔH) were generally significantly affected by oil type and concentration used in the formulation ($p<0,05$). Hardness value of the samples decreased with increasing oil concentration in the formulation. Desired quality characteristics of compound chocolates change depending on region where compound chocolate is consumed and the product coated with compound chocolate. The findings indicated that quality characteristics were typically affected by production process, oil type and concentration, enabling the chocolate industry to optimize production process and formulation.

Key Words: Compound chocolate, process, oil, response surface methodology, ball mill

2016, 148 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	viii
RESİM DİZİNİ	xi
KISALTMALAR	xii
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Çikolatanın Tarihçesi	6
2.2. Çikolata ve Ürünlerine Genel Bir Bakış	7
2.3. Çikolata ve Ürünlerinin Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	10
2.3.1. Kakao	11
2.3.2. Şeker	13
2.3.3. Süt Bazlı Hammaddeler	16
2.3.4. Sürfaktanlar	18
2.3.5. Yağlar	20
2.3.5.1. Kakao Yağı	20
2.3.5.2. Süt Yağı	21
2.3.5.3. Kakao Yağı Alternatifleri	21
2.3.5.3.1. Kakao Yağı Eşdeğerleri (CBE)	23
2.3.5.3.2. Kakao Yağı Yerine Kullanılabilenler (CBR)	25
2.3.5.3.3. Kakao Yağı İkameleri (CBS)	27
2.4. Çikolata ve Ürünlerinin Üretim Prosesi	30
2.4.1. Karıştırma	30
2.4.2. İnceltme	31
2.4.3. Konçlama	34
2.4.4. Temperleme	36
2.4.5. Çikolata ve Ürünlerinin Kalite Parametreleri	38
2.4.5.1. Kimyasal Özellikler	39
2.4.5.1.1. Kimyasal Bileşim	39
2.4.5.1.2. Su Aktivitesi	39
2.4.5.1.3. Uçucu Madde Bileşimi	40
2.4.5.2. Fiziksel Özellikler	41
2.4.5.2.1. Partikül Boyutu	41
2.4.5.2.2. Reoloji	42
2.4.5.2.3. Tekstür	44
2.4.5.2.4. Duyusal Özellikler	45

2.4.5.2.5. Erime Profili	45
2.4.5.2.6. Renk.....	46
2.4.5.2.7. Kristalizasyon Derecesi ve Kristal Miktarı	47
2.4.5.3. Çikolata ve Ürünlerinde Gözlemlenen Kalite Problemleri.....	47
2.4.5.3.1. Yağ Kusması	48
2.4.5.3.2. Şeker Kusması	48
2.5. Çikolata ve Sağlık	49
3. MATERYAL ve YÖNTEM	51
3.1. Materyal.....	51
3.2. Yöntem	52
3.2.1. Çikolata Kaplama Örneklerinin Üretimi	52
3.2.1.1. Farklı Devir Hızı ve Süre Kombinasyonları Uygulanarak Çikolata Kaplama Üretimi	53
3.2.1.2. Farklı Yağlar Kullanılarak Çikolata Kaplama Üretimi	54
3.2.2. Çikolata Kaplama Örneklerinde Gerçekleştirilen Analizler.....	55
3.2.2.1. Çikolata Kaplama Örneklerinin Partikül Boyut Dağılımının Belirlenmesi.....	55
3.2.2.2. Çikolata Kaplama Örneklerinin Renk Özelliklerinin Belirlenmesi.....	55
3.2.2.3. Çikolata Kaplama Örneklerinin Toplam Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi	56
3.2.2.4. Çikolata Kaplama Örneklerinden Ekstrakte Edilen Yağın FT-IR Spektrumunun Belirlenmesi.....	57
3.2.2.5. Çikolata Kaplama Örneklerinin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	57
3.2.2.5.1. Yatışkan Faz Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	57
3.2.2.5.2. Sıcaklığın Çikolata Kaplama Örneklerinin Reolojik Özelliklerine Etkisi.....	58
3.2.2.6. Çikolata Kaplama Örneklerinin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi	59
3.2.2.7. Çikolata Kaplama Örneklerinin Uçucu Bileşenlerinin Belirlenmesi	60
3.2.2.7.1. Katı Faz Mikroekstraksiyonu (SPME)	60
3.2.2.7.2. Gaz Kromatografisi-Mass Spektroskopisi (GC/MS) Analizi	60
3.2.2.8. Çikolata Kaplama Örneklerinin Mikroyapısal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	61
3.2.2.9. Çikolata Kaplama Üretiminde Kullanılan Yağ Örneklerinin Yağ Asidi Analizi.....	61
3.2.2.10. İstatistiksel Analizler	61
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	63
4.1. Farklı İnceltme İşleminin Çikolata Kaplamasının Kalite Özelliklerine Etkisi.....	63
4.1.1. Çikolata Kaplama Örneklerinin Partikül Boyutunun Dağılımı	63
4.1.2. Çikolata Kaplama Örneklerinin Renk Özellikleri	65
4.1.3. Çikolata Kaplama Örneklerinin Toplam Fenolik İçeriği.....	66
4.1.4. İnceltme İşleminin Kaplamalardan Ekstrakte Edilen Yağın FTIR Spektrumuna Etkisi	67
4.1.5. İnceltme İşleminin Çikolata Kaplamalarının Reolojik Özelliklerine Etkisi.....	69
4.1.6. İnceltme İşleminin Çikolata Kaplamalarının Erime Özelliklerine Etkisi.....	73
4.1.7. İnceltme İşleminin Çikolata Kaplamalarının Aroma Özelliklerine Etkisi	76
4.1.8. İnceltme İşleminin Çikolata Kaplamalarının Mikroyapısal Özelliklerine Etkisi	80
4.2. Bilyalı Değirmen Mil Hızı ve Üretim Süresinin Çikolata Kaplamasının Kalite Özelliklerine Etkisinin Yanıt Yüzey Metodu Kullanılarak Modellenmesi	81
4.2.1. Çikolata Kaplamalarının Patikül Boyutu.....	81
4.2.2. Çikolata Kaplamalarının Renk Özellikleri	85

4.2.3. Çikolata Kaplamalarının Reolojik Özellikleri.....	88
4.3. Farklı Yağların Çikolata Kaplamalarının Kalite Kriterlerine Etkisi	94
4.3.1. Yağların Yağ Asidi Profili.....	95
4.3.2. Farklı Yağların Çikolata Kaplamalarının Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi.....	97
4.3.2.1.Referans Yağlar Kullanılarak Üretilen Çikolata Kaplamalarının Kalite Özellikleri....	97
4.3.2.2. Farklı Yağlar Kullanılarak Üretilen Çikolata Kaplamalarının Kalite Özellikleri	102
4.3.2.2.1. Farklı Yağ Kullanımının Çikolata Kaplamalarının Renk Özelliklerine Etkisi	102
4.3.2.2.2. Farklı Yağ Kullanımının Kaplamaların Tekstürel Özelliklerine Etkisi	106
4.3.2.2.3. Farklı Yağ Kullanımının Kaplamaların Reolojik Özelliklerine Etkisi.....	113
4.3.2.2.3. Farklı Yağ Kullanımının Kaplamaların Erime Özelliklerine Etkisi.....	120
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	131
6. KAYNAKLAR.....	134
ÖZGEÇMİŞ	148

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Çikolata çeşitlerinin kuru madde üzerinden bileşimleri (%) (Anonim 2003)	8
Çizelge 2.2	: Türkiye'nin çikolatalı mamuller ihracatı (Anonim 2015).....	10
Çizelge 2.3	: Batı Afrika'da yetiştirilen fermente olmamış kakao çekirdeğinin bileşimi (Rohan 1963, Reineccius ve ark. 1972).....	12
Çizelge 2.4	: Farklı bölgelerde yetiştirilmiş kakaolardaki yağların yağ asidi kompozisyonları (Podlaha ve ark. 1984).....	20
Çizelge 2.5	: Çikolata endüstrisinde kullanılan kakao yağı alternatifleri.....	23
Çizelge 2.6	: Simetrik SOS bakımından zengin kakao yağı eşdeğerleri bileşenlerinin ve karışımlarının trigliserit içeriği (Talbot 2014).....	24
Çizelge 2.7	: Kakao yağı eşdeğerleri için simetrik SOS (Doymuş yağ asidi, oleik asit, doymuş yağ asidi) üretiminde kullanılan hammaddeler ve uygulanan yöntemler (Talbot 2014).....	24
Çizelge 2.8	: Ticari kakao yağı yerine kullanılabilen bazı yağların yağ asidi kompozisyonları (%) (Nikolova-Damyanova ve Amidzhir 1992).....	25
Çizelge 2.9	: Ticari kakao yağı yerine kullanılabilen bazı yağların trigliserit kompozisyonları (Nikolova-Damyanova ve Amidzhir 1992).....	26
Çizelge 2.10	: Palm kernel yağının yağ asidi içeriği (Abu-Hadeed ve Kotb (1988), de Jong ve de Jong (1991))	27
Çizelge 2.11	: Kakao yağının ve kakao yağı alternatiflerinin yağ asidi içeriği (Slager ve ark. 2007).....	28
Çizelge 2.12	: Kakao yağı ile diğer kakao yağı alternatiflerinin benzerliği (Talbot 2014).....	28
Çizelge 3.1	: Çikolata kaplama örneklerinin formülasyonu.....	52
Çizelge 3.2	: Yanıt yüzey metodu ile oluşturulan bilyalı öğütücü devir hızı ve üretim süresi kombinasyonları.....	53
Çizelge 4.1	: Çikolata kaplama örneklerine ait partikül boyut parametreleri.....	64
Çizelge 4.2	: İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin renk özelliklerine etkisi.....	65
Çizelge 4.3	: Yenilebilir yağlarda belirlenen major piklere ait bilgiler (Sim ve Ting 2012, Lerma-García ve ark. 2010).....	69

Çizelge 4.4	: İnceltme işleminin çikolata kaplamalarının akış davranış parametrelerine etkisi.....	70
Çizelge 4.5	: Çikolata kaplama örneklerine ait Arrhenius model parametreleri.....	72
Çizelge 4.6	: Çikolata kaplama örneklerine ait termal parametreler.....	74
Çizelge 4.7	: Kakao yağı polimorflarına ait erime sıcaklıkları (Talbot 1999, Afoakwa ve ark. 2007).....	75
Çizelge 4.8	: Çikolata kaplama örneklerinin uçucu bileşen kompozisyonu.....	78
Çizelge 4.9	: Bilyalı değirmen mil hızının ve inceltme süresinin çikolata kaplamasının partikül boyutu ve renk özelliklerine etkisi.....	81
Çizelge 4.10	: Modelleme sonucu oluşturulan regresyon eşitliğine ait F değerleri ve model parametrelerinin önem derecesi.....	82
Çizelge 4.11	: Mil hızı ve inceltme süresinin çikolata kaplamasının reolojik özelliklerine etkisi.....	90
Çizelge 4.12	: Yağların doymuş yağ asidi içeriği (%).....	95
Çizelge 4.13	: Yağların doymamış yağ asidi içeriği (%).....	96
Çizelge 4.14	: Yağların toplam doymuş, doymamış, tekli ve çoklu doymamış ve trans yağ asidi içeriği.....	97
Çizelge 4.15	: Kontrol kaplama örneklerinin renk özellikleri.....	98
Çizelge 4.16	: Kontrol çikolata kaplama örneklerine ait Casson model parametreleri.....	100
Çizelge 4.17	: Kontrol çikolata kaplama örneklerine ait Arrhenius model parametreleri.....	100
Çizelge 4.18	: Kontrol çikolata kaplama örneklerinin tekstürel özellikleri.....	101
Çizelge 4.19	: Kontrol kaplama örneklerine ait erime parametreleri kontrol kaplama örneklerine ait erime parametreleri.....	102
Çizelge 4.20	: Farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının renk özelliklerine yağ konsantrasyonunun etkisi.....	104
Çizelge 4.21	: Farklı yağ çeşidi ve konsantrasyonunun çikolata kaplama örneklerinin tekstürel özelliklerine etkisi.....	107
Çizelge 4.22	: Çikolata kaplama örneklerine ait Casson ve Newton model parametreleri.....	116
Çizelge 4.23	: Farklı yağ çeşidi ve konsantrasyonunun çikolata kaplama örneklerinin erime özelliklerine etkisi.....	122

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Türkiye'deki çikolata pazar değerinin yıllara göre dağılımı (Canadean 2014)	9
Şekil 2.2	: Türkiye'deki çikolata ve ürünlerine ait pazar hacminin ve hacimdeki artışın yıllara göre değişimi (Canadean 2014)	9
Şekil 2.3	: Kakao aroma öncü maddelerinin oluşum mekanizması (Beckett 2009)	14
Şekil 2.4	: Lesitin ve PGPR yapısı	18
Şekil 2.5	: Çikolata endüstrisinde kullanılan bitkisel yağların sınıflandırılması	22
Şekil 2.6	: Çikolata üretim prosesi (Afoakwa 2010)	31
Şekil 2.7	: Üç ve beş silindirli inceltici	32
Şekil 2.8	: Beş silindirli incelticiye ait şematik gösterim	33
Şekil 2.9	: Konçlama makinası ve konçlama cihazının iç yapısı	35
Şekil 2.10	: Konçlama öncesi ve sonrası kakao, yağ ve şekerde aroma dağılımı (Beckett 2009)	36
Şekil 2.11	: Çikolatada yağ kristalizasyonuna ait temperleme prosesinin basamakları (Talbot 2014)	37
Şekil 2.12	: Kakao yağı poliformlarının erime noktası ve stabiliteleri (Beckett 2008)	37
Şekil 2.13	: Çikolata ve ürünleri kalite parametreleri	39
Şekil 3.1	: Fabrika üretiminden temin edilen çikolata kaplama örneklerinin alındığı kısımlar	51
Şekil 4.1	: İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin partikül boyut dağılımına etkisi	63
Şekil 4.2	: İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkisi (Ç.K.: Çikolata kaplama)	67
Şekil 4.3	: Çikolata kaplamalarından ekstrakte edilen yağlara ait FT-IR spektrumları	68
Şekil 4.4	: Çikolata kaplama örneklerine ait akış davranış grafiği	70
Şekil 4.5	: Çikolata kaplama örneklerinin sıcaklığa bağlı değişimi	72
Şekil 4.6	: Çikolata kaplama örneklerinin erime profili	73
Şekil 4.7	: Çikolata kaplama örneklerine ait toplam iyon kromatogramları	77
Şekil 4.8	: İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin mikroyapısal özelliklerine etkisi	80
Şekil 4.9	: Farklı inceltme sürelerinde üretilmiş çikolata kaplamalarının partikül boyutuna bilyalı öğütücü mil hızının etkisi	83
Şekil 4.10	: Farklı mil hızlarında üretilmiş çikolata kaplamalarının partikül boyutuna inceltme süresinin etkisi	83

Şekil 4.11	: Çikolata kaplamalarının partikül boyutuna mil hızının ve inceltme süresinin etkisi (x_1 : mil hızı, x_2 : inceltme süresi)	84
Şekil 4.12	: Farklı inceltme sürelerindeki bilyalı öğütücü mil hızının renk parametreleri üzerine etkisi	86
Şekil 4.13	: Farklı mil hızlarında çikolata kaplama renk parametrelerinin inceltme süresine bağlı olarak değişimi	87
Şekil 4.14	: Çikolata kaplama renk parametrelerinin mil hızı ve inceltme süresine bağlı değişimi	88
Şekil 4.15	: Bilyalı değirmen üretim şartlarının çikolata kaplamalarının akış davranışına etkisi	89
Şekil 4.16	: Mil hızının çikolata kaplama viskozitesi üzerine farklı inceltme sürelerindeki etkisi	91
Şekil 4.17	: İnceltme süresinin çikolata kaplama viskozitesi üzerine farklı mil hızlarındaki etkisi	92
Şekil 4.18	: Çikolata kaplama viskozitesi üzerine mil hızı ve inceltme süresine bağlı değişimi	93
Şekil 4.19	: Farklı üretim proseslerinde üretilen çikolata kaplamalarının viskozitesinin sıcaklığa bağlı değişimi	94
Şekil 4.20	: Kontrol örneklerine ait akış davranış grafiği	98
Şekil 4.21	: Sıcaklığın kontrol örneklerinin η_{50} değeri üzerine etkisi	100
Şekil 4.22	: Kaplama formülasyonunda kullanılan yağ konsantrasyonu ile sertlik değerleri arasındaki ilişkinin üssel model ile açıklanması	112
Şekil 4.23	: Farklı konsantrasyonlarda farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarına ait akış davranış grafikleri	113
Şekil 4.24	: Farklı konsantrasyonlarda farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarına ait akış davranış grafikleri	114
Şekil 4.25	: Çikolata kaplamada palm olein kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi	121
Şekil 4.26	: Çikolata kaplamada tereyağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi	124
Şekil 4.27	: Çikolata kaplamada fındık yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi	124
Şekil 4.28	: Çikolata kaplamada pamuk yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi	125
Şekil 4.29	: Çikolata kaplamada kanola yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi	126
Şekil 4.30	: Çikolata kaplamada soya yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi	126
Şekil 4.31	: Çikolata kaplamada ayçiçek yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi	127

- Şekil 4.32 : Çikolata kaplamada mısır yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi128
- Şekil 4.33 : Çikolata kaplamada Hindistan cevizi yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi128
- Şekil 4.34 : Çikolata kaplamada palm kernel yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi129

RESİM DİZİNİ

Sayfa

Resim 1.1	:	Mekanik kuvvet uygulanmış çikolata kaplı keklere ait görüntüler.....	2
Resim 2.1	:	Çikolata örneklerinde yağ kusması.....	49
Resim 3.1	:	Çikolata kaplama üretiminde kullanılan bilyalı öğütücüye ait görüntüler.....	53
Resim 3.2	:	Çikolata kaplama örneklerine ait kalıplanmış ve kalıp sonrası görüntüsü.....	59
Resim 3.3	:	Çikolata kaplama örneklerinde tekstür analizi.....	60

KISALTMALAR

τ_0	: Akma basıncı (Pa)
η_{pl}	: Plastik viskozite (Pa s)
η	: Viskozite (Pa s)
h°	: Hue açısı
C	: Kroma
T_{ilk}	: Erimenin başladığı sıcaklık
T_{pik}	: Erimenin en hızlı olduğu sıcaklık
T_{son}	: Erimenin tamamlandığı sıcaklık
ΔH	: Erimenin tamamlanması için gerekli ısı
PGPR	: Polyglycerol polyricinoleate
CBE	: Kakao yağı eşdeğerleri
CBR	: Kakao yağı yerine kullanılabilenler
CBS	: Kakao yağı ikameleri
E	: Elaidik asit
L	: Laurik asit
M	: Miristik asit
$C_{8:0}$: Kaprilik asit
$C_{10:0}$: Kaprik asit
$C_{12:0}$: Laurik asit
$C_{14:0}$: Miristik asit
$C_{16:0}$ (P)	: Palmitik asit
$C_{18:0}$ (S)	: Stearik asit
$C_{18:1}$ (O)	: Oleik asit
$C_{18:2}$: Linoleik asit
$C_{20:0}$: Araşidik asit
$^\circ C$: Santigrat
τ	: Kayma basıncı (Pa)
E_a	: Aktivasyon enerjisi
R	: Gaz sabiti

ÖNSÖZ

Çikolata kaplama formülasyonunda kullanılan bitkisel yağ tipi ve içeriğinin optimizasyonu başlıklı tez çalışmamda, çikolata kaplama formülasyonunda farklı yağ kullanımının çikolata kaplama kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca çikolata kaplama üretim prosesinin çikolata kaplama kalite özelliklerine etkisi de incelenmiştir. Çikolata ile kaplanan ürünlerin farklı özelliklere sahip olması, çikolata kaplamasının da bazı fiziksel özelliklerinin bu ürünlere uygun olması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Kaplanacak ürünün özelliklerine göre kaplama prosesinde veya formülasyonda kullanılan yağ çeşidinde farklılığa gidilerek arzu edilen kalitede kaplama üretim imkanı bulunmaktadır. Bu tez çalışmasının bir kısmı Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından San-tez kapsamında (Proje No: 0833.STZ.2014) desteklenmiştir.

Tez çalışmamın planmasında ve yürütülmesi sırasında bilgilerini, yardımlarını ve deneyimlerini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU başta olmak üzere eş danışmanım Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'a, ürün üretimlerinde her türlü imkanı sunan Elvan Gıda A.Ş.'ne ve her türlü konuda yardımcı olan Ar-ge müdürü Dilek ŞENER'e, ürün üretimlerinde yardımcı olan Fatma Tuğçe ZORLUCAN'a, çikolata konusundaki tecrübesinden ve birikiminden her zaman istifade ettiğim Doç. Dr. Nevzat KONAR'a ve hayatım boyunca her alanda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle de ülkemizde huzurlu bir şekilde hayat geçirebilmemiz için vatan ve millet uğruna hayatlarını feda eden şehitlerimize rahmet diler, gazilere ve kahraman şehitlerimize vatan ve milletimize yapmış oldukları hizmetlerden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2016

Ömer Said TOKER

1. GİRİŞ

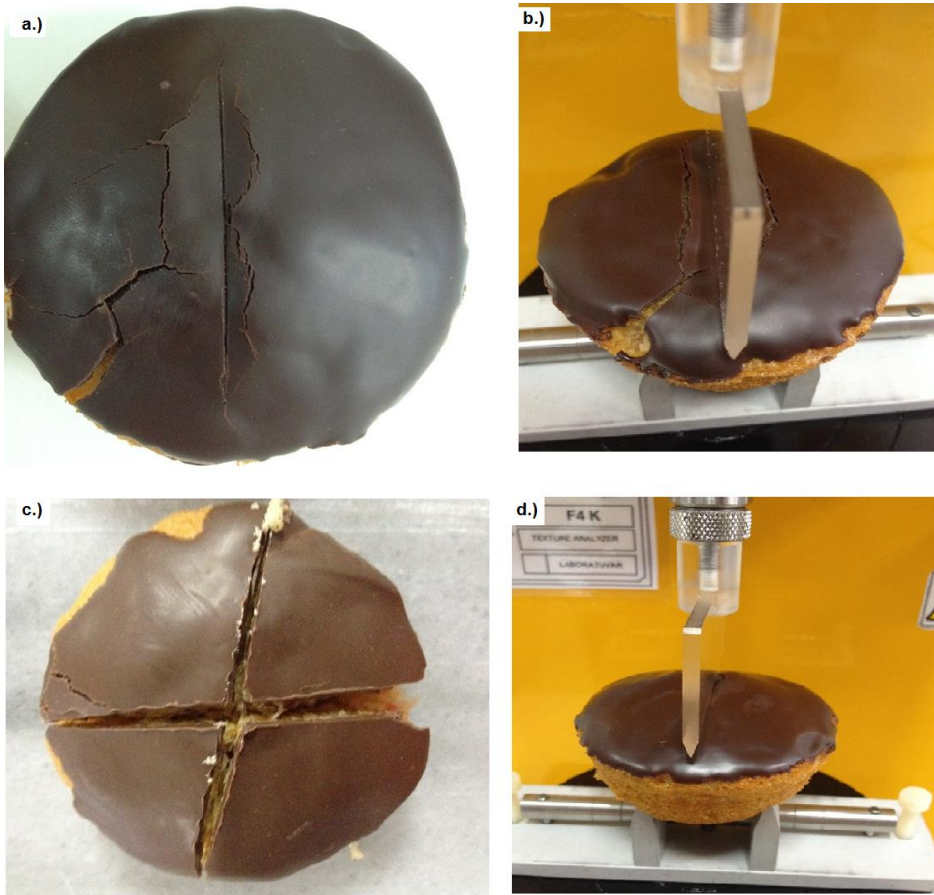
Çikolata, dünya genelinde her yaş insan tarafından eşsiz aroma ve tadından dolayı sevilerek tüketilen lezzetli bir üründür. Çikolata çeşidine bağlı olarak şeker, kakao ve bazı süt bazlı bileşenlerin kakao yağının ve bazı ürünlerde süt yağı ile emülgatörlerin oluşturduğu yağ fazının içerisinde dispers edilmesi ile üretilen bir gıda maddesidir (Afoakwa ve ark. 2008a, Elkalyoubi ve ark. 2011). Çikolata kalitesini, formülasyonunda temel olarak bulunan kakao, şeker ve yağ gibi maddelerin çeşit ve konsantrasyonu etkilediği gibi üretim aşamasında uygulanan prosesler de önemli derecede etkilemektedir. Çikolata üretim aşaması genel olarak karıştırma, ön inceltme, inceltme, konçlama ve temperleme aşamalarından oluşmakta ve bu aşamalarda uygulanan prosesler ürünün mikroyapısal özelliklerini (partiküllerin kümeleşmesi, partikül boyutunun küçültülmesi ve kakao yağının sabitlenmesi) etkileyerek son ürün kalitesini belirlemektedir (Aguilera ve Stanley 1999, Aguilera ve ark. 2000, Glicerina ve ark. 2015a, Afoakwa ve ark. 2009). Çikolatanın kalitesi denilince akla ilk olarak duyuşal özellikler, renk, tekstür, reoloji ve erime özellikleri gibi kriterler gelmektedir.

Çikolatanın eşsiz aromaya sahip olması onun farklı ürünler ile kombine edilerek çok çeşitli ürünlerin üretilmesine ve satılmasına neden olmuştur. Çikolata direkt olarak tüketildiği gibi, kaplama veya dolgu formunda da birçok unlu mamül ile birlikte tüketicilere sunulmaktadır. Çikolata çok uzun zamandan beri farklı mutfaklarda, törenlerde ve seremonilerde tatlılar, içecekler, kek, bisküvi, kahve gibi içecek, çerez ve et ürünleri gibi çeşitli gıdalar ile birlikte tüketilmektedir (Alberts ve Cidell 2006, Cidell ve Alberts 2006, Donadini ve Fumi 2014).

Çikolata kaplamalarda, çikolatanın kombine edildiği ürünün maliyetini çok fazla artırmaması için çikolatada fiyatı belirleyen en önemli ingrediyeşntlerden olan kakao yağı yerine farklı yağlar kullanılmaktadır. Çikolatanın yapısını oluşturan temel bileşenlerden olan yağ, kaplamaya arzu edilen özellikleri kazandıran en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Çikolata kaplamalarında farklı bitkisel kaynaklı yağlar ürüne yeni aroma kazandırmak, ürünün fizikokimyşasal özelliklerini geliştirmek ve ürün maliyetini azaltmak için kullanılmaktadır (Lonchamp ve Hartel 2004). Çikolata tekstürünü formülasyonda bulunan katı yağın sıvı yağa oranı ile katı yağın kristal yapısı önemli derecede etkilemektedir (Nightingale ve ark. 2012). Katı yağ konsantrasyonu ürünün sertliğini, erimesini ve tatlılık algısını etkilemektedir (Full ve

ark. 1996). Kaplama amacıyla kullanılan okolataların kullanım yerine göre farklı sertlik ve parlaklıkta eşitleri bulunmaktadır. Bu nedenle farklı özellikte yağlar kullanılarak üründe çeşitlilik sağlanmaktadır. Yağın erime noktası, farklı sıcaklıklarda katı madde oranı gibi değişkenler ile kek, bisküvi gibi unlu mamllerin yüzeylerinde hedeflenen tekstürel özelliklere sahip kaplamalar üretilmektedir. Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılabilceği gibi uygun yağ seçimi son ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir.

Diğer yandan okolata kaplamaları ve dolguları incelendiğinde endüstride bu ürünlerle ilgili iki önemli problem görülmektedir: okolata kaplamalarında kırılma ve dolgularında erime.



Resim 1.1. Mekanik kuvvet uygulanmış okolata kaplı keklere ait görüntüler

Bilindiği gibi gıda ürünleri üretim sonrası gerek taşınma sırasında, gerekse depolama sırasında çeşitli mekanik etkilere maruz kalmaktadırlar. rnek olarak satış raflarında ürünlerin üzerine başka ürünler konulması bu mekanik etki sınıfında yer almaktadır. Bu etkilerin tekstürel konuda ürünün yapısına zarar vermesi ürün albenisinin olumsuz derecede etkilenmesine neden olmaktadır. Resim 1.1.'den de görüldüğü gibi kesme sırasında mekanik etkiye maruz kalmış

örneklerin bir kısmının kaplamalarında ciddi derecede çatlaklıklar oluşmuştur. Ayrıca çikolata kaplaması, ürün ile ortam arasındaki nem alış verişini yavaşlattığından dolayı ürünün tekstürel özelliklerinin muhafaza edilmesinde önemli etkiye sahiptir. Ürün yüzeyinde oluşan çatlaklar, nem transferini hızlandırarak, ürünün görünüşünde bozulmaya neden olduğu gibi ürünün tekstürel özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir (Beckett 2009). Bu durumun engellenmesi için yani daha güzel bir görüntüye sahip, kırılabilirliği daha az fakat elastikiyeti daha yüksek ürünler üretebilmek için çikolata kaplamalarında kullanılan yağ çeşidinin dikkatli bir şekilde seçilmesi ve proses adımlarının ideal şekilde uygulanması gerekmektedir. Bu seçimlerin yapılabilmesi için de kullanılan yağın ve üretim aşamasında uygulanan proseslerin çikolata kaplama örneklerinin kalite özelliklerine etkisinin net bir biçimde ortaya konulması gerekmektedir. Normal çikolata formülasyonunun ve üretiminde uygulanan proseslerin, ürünün kalite parametreleri üzerine etkisi çok çeşitli çalışmalarda incelenirse de, çikolata kaplamaları ile ilgili literatürde herhangi bir çalışma bulunmamıştır. Bu nedenle, bu tarz etkilerin ortaya konulması çikolata endüstrisi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca yağın önemli derecede etkilediği kalite parametrelerinden olan reolojik özellikler de çikolata kaplamasının önemli kalite kriterleri arasında yer almaktadır. Bilindiği gibi ürünlerin reolojik özelliklerinin belirlenmesi, proses sırasında harcanan enerji hesaplamalarında, proses dizaynında, ekipman seçiminde önem arz etmektedir. Ayrıca her bir ürünün kendine özgü bir kıvamı olduğu düşünüldüğünde, ürün formülasyonunun optimizasyonunda da ürünün reolojik özellikleri dikkate alınmaktadır. Çikolata kaplamasının da akma sınırı (yield stress/akış için gerekli olan basınç değeri) sınır değeri ürünün işlenebilirliği açısından dikkate alınan bir parametredir. Ürün istenilen akma sınırı değerine sahip olduğu zaman kaplama, kaplanacak ürünün her tarafına kolay bir şekilde yayılır ve ürün için iyi bir nem engelleyici materyal olur. Eğer ürünün akma sınır değeri yüksek olursa, kaplama uygulanan kuvvete karşı direnç gösterir ve sonuçta pürüzlü yapıya sahip bir ürün elde edilir (Beckett 2009). Böyle bir yapı da tüketici tarafından düşük albeniye sahiptir. Ayrıca ürünün viskozitesinin de çok düşük olması kaplama sırasında ürünün kaplanacak materyale tutunmasını zorlaştırarak kolayca akmasına sebep olur ve bu durumda da üretim esnasında kaplamada kayıplar oluşabilir.

Yukarıda sayılan bilgiler ışığında, çikolata kaplamasında kullanılan yağ, ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir. Genel olarak, yurt içinde üretilen ürünler incelendiğinde, kaplamada yurt dışından hazır olarak gelen palm stearin/palm olein karışımından oluşan yağlar tercih edilmektedir. Bu çalışmada da bu noktadan yola çıkılarak palm stearin ile farklı yağların (palm olein, tereyağı, soya, mısır, hindistan cevizi, kanola, pamuk, fındık, palm çekirdeği ve

ayçiçeği) kullanımının çikolata kaplamasının kalite özelliklerine (renk, tekstür, reolojik ve erime özellikleri) etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Araştırma kapsamında, kalite parametrelerinin kullanılan yağ konsantrasyonundan ne derece etkilendiği belirlenmiş ve yağlar arasında karşılaştırma yapılabilme imkânı sağlanmıştır. Ayrıca yağ asitlerinin de etkisi tespit edilmiş ve kaplama ürünleri için özel yağ karışımlarının oluşturulabilmesi konusunda öneriler sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, Türkiye’de üretimi yapılan yağların kaplama ürünlerinde kullanıp kullanılmayacağı konusunda yönlendirme yapabilecektir. Ülkemizde üretilen yağların kullanılabilmesi ile dışa bağımlılık azalacak ve ülke ekonomisine katkı sağlanmış olacaktır.

Bu fikirler ışığında tez çalışması ile ilgili literatür taramaları gerçekleştirildiğinde çikolata kaplaması ile ilgili yapılan çalışmaların sayıca çok sınırlı olması, üretim prosesinin de kaplama kalitesine olan etkisinin çalışmalara dahil edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Üretim esnasında uygulanan bir prosesin ürünün kalite özelliklerini ne derecede etkilediği konusunda fikir sahibi olmak prosesin etkin bir biçimde kullanılabilmesinde ve optimize edilmesinde çok önemlidir (Glicerina ve ark. 2013). Ayrıca son ürün kalitesinin tahmininde ve ürün kalitesinin geliştirilmesinde de proses etkisinin ortaya konulması son derece gereklidir (Glicerina ve ark. 2013). Literatürde bu yöndeki eksiklik göz önünde bulundurularak tez çalışmasına, çikolata kaplama proseslerinin ürün kalitesine etkisinin araştırıldığı kısımlar da ilave edilmiş ve literatürdeki bu eksikliğin bir miktar giderilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca tez çalışmasının tüm aşamaları, bu konuda ülkemizin önde gelen firmalarından olan Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş. (İstanbul) ile beraber yürütülerek, çalışmaların endüstriye de gerekli olabilecek çerçevede gerçekleştirilmesine özen gösterilmiştir.

Tüm bu bilgiler dikkate alınarak tez çalışması 3 ana bölümden oluşmuştur:

1. Bölüm: İnceltme işleminin çikolata kaplamasının fizikokimyasal özelliklerine (renk, ekstrakte edilen yağların FT-IR analizi, reoloji, erime özellikleri, uçucu madde analizi ve mikroyapısal özellikleri) etkisini gözlemleyebilmek için Elvan Gıda’nın fabrika kısmında üç ayrı incelticiden çıkan ürünler temin edilerek gerekli analizlerin gerçekleştirilmesi,
2. Bölüm: Çikolata kaplama üretiminde kullanılan bilyalı öğütücünün farklı devir ve üretim süresi faktörlerinin kaplamanın renk ve reolojik parametreleri üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için yanıt yüzey metodunun uygulanması ve

3. Bölüm: Farklı yağların (palm olein, tereyağı, soya, mısır, hindistan cevizi, kanola, pamuk, fındık, palm çekirdeği ve ayçiçeği), formülasyonda kullanılan toplam yağ üzerinden % 2,5, % 5, % 7,5 ve % 10 oranında palm stearine ilave edilerek kaplama örneklerinin renk özellikleri, reolojik özellikleri, tekstürel özellikleri ve erime özelliklerinin belirlenmesi.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, üretim prosesinin ürün kalite parametreleri üzerindeki etkilerini ve farklı yağların çikolata kaplama formülasyonunda veya benzer ürünlerde kullanılabilme potansiyelini ortaya koyacaktır. Ayrıca, gıda endüstrisine ve bilimsel literatüre bu konularda önemli katkıların sağlanması hedeflenmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Çikolatanın Tarihçesi

İlk bilinen kakao ekimi Maya'lar tarafından Meksika Körfezi ile Antil Denizi arasında kalan Güney Yucatan civarında milattan sonra 600'lü yıllarda başlamıştır (Beckett 2008). Avrupalılar Orta Amerika'yı keşfettiği zamanlarda Meksikalıların Aztek kabilesi kakao ağaçlarını yetiştiriyorlardı. O zamanlarda kakao meyvesi çok pahalı olduğundan, içecek üretiminin yanısıra para olarak da kullanılıyordu. İçecek üretimi için kakaolar kavrulduktan sonra taşlar kullanılarak ezilir ve küçük parçacıklara ayrılarak soğuk suya ilave edilirdi (Beckett 2008). Tat vermek amacıyla da vanilya, baharat ve bal bu içeceğe bazen ilave edilir ve arzu edildiği takdirde köpük oluşumu için ürün çırpılırdı (Whymper 1912). Kristof Kolomb nadir rastlanılan ürün olarak kakaoları Avrupa'ya götürdü fakat Don Cortez böyle bir içeceği İspanya ile 1520'lerde tanıştırdı. İçekteki acılığı ve bitter tadı gidermek için İspanya'da şeker ilave edilmiş fakat kakao içeceği diğer Avrupa ülkelerine uzun bir süre ulaşmamıştır. Kakao içeceği ile İtalya 1606 yılında, Fransa ise 1657 yılında tanışmıştır. İlk çikolata içeceği işletmesi Londra'da 1657 yılında kurulmuştur. Süt bu içeceğe 1727 yılında ilave edilmiştir. Çikolata içeceği ile ilgili temel problem çok yağlı olmasından kaynaklanmış ve yağların yüzeyde birikmesi ürün görünüşünü olumsuz yönde etkilemiştir. Hollandalı Van Houten, 1828 yılında kakaoyu presleyerek bu yağlı kısmı uzaklaştırmayı başarmıştır (Beckett 2008).

Presleme yöntemi ile bir kısım kakao yağının uzaklaştırılması, kakao üreticilerini bu yağlı pazarlayabilmeleri için yeni bir pazar bulma konusunda araştırma yapmaya yöneltmiştir. Bu problem şekerlemeciler tarafından çözülmüştür. Şekerlemeciler, öğütülmüş preslenmiş kakao ve şekerle yağ ilave ederek yenilebilir çikolata üretmişlerdir. Presin icat edilmesinden sonra 1847 yılında Joseph Fry tarafından İngiltere'de Bristol şehrinde ilk yenilebilir çikolata fabrikası kurulmuştur. Bu fabrika kurulduktan sonra 1875 yılında da İsviçre'de Daniel Peter tarafından sütlü çikolata üretilmeye başlanmıştır. Şeker, süt ve kakao yağından müteşekkil beyaz çikolata da ilk olarak 1930 yılında üretilmeye başlanmıştır (Beckett 2008).

2.2. Çikolata ve ürünlerine Genel Bir Bakış

Kompleks bir emülsiyon ürünü olan çikolata, tüketimi sırasında beyindeki haz merkezlerini uyararak harekete geçiren önemli bir gıdadır (Afoakwa ve ark. 2007). Eşsiz aroma ve tadıyla dünya genelinde her yaş insan tarafından sevilerek tüketilmektedir. Çikolata, sürekli faz olan yağda ürün çeşidine göre şeker, kakao ve süt bazlı bileşenlerin dağılması sonucu üretilen yarı katı bir üründür. İnsanların tüketim konusundaki farklı tercihleri ve ekonomik durumları göz önünde bulundurularak çikolata ürünü çeşitlendirilmiştir. Çikolata ve çikolata rnleri Türk Gıda Kodeksi'nin çikolata ve çikolata rnleri Tebliği'nde (Tebliğ no:2003/23) ikolata ve ürünleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Çikolata: Kakao rnleri ile şeker ve/veya tatlandırıcı; gerektiğinde süt yağı dışındaki hayvansal yağlar hariç olmak üzere diğer gıda bileşenleri ile süt ve/veya süt ürünleri ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nde izin verilen katkı ve/veya aroma maddelerinin ilavesi ile tekniğine uygun şekilde hazırlanan ürünü ifade eder (Anonim 2003).

Bitter ikolata: Bileşiminde en az % 18 kakao yağı ve en az % 14 yağsız kakao kuru maddesi olacak şekilde en az % 35 toplam kuru madde içeren ikolatadır.

Sütlü ikolata: Bileşiminde en az % 2,5 yağsız kakao kuru maddesi olacak şekilde en az % 25 toplam kakao kuru maddesi içeren, ayrıca en az % 14 süt kuru maddesi ve en az % 3,5 süt yağından oluşan, kakao yağı ve süt yağı toplam miktarı ise en az % 25 olan ikolatadır.

Beyaz ikolata: Bileşiminde en az % 20 kakao yağı ve en az % 14 süt kuru maddesi içeren ve en az % 3,5'i süt yağı olan ikolatadır.

Dolgulu ikolata: Dış kısmı toplam ürün ağırlığının en az % 25'ini içeren, bitter çikolata, sütlü çikolata, bol sütlü çikolata ve beyaz çikolatalardan herhangi birisinden oluşan dolgulu ikolatadır.

Pralin: Toplam rn ağırlığının en az % 25'i bitter çikolata, sütlü çikolata, bol sütlü çikolata, beyaz çikolataların kombinasyonundan, karışımından veya herhangi birinden ya da dolgulu çikolatadan oluşan bir lokma byklğindeki ikolatadır.

Tebliğde tanımlanan ürünlere ilave olarak, özellikle çikolata maliyetini düşürmek için kakao yağı yerine farklı yağların kullanılması ile üretilip piyasada satışa sunulan bazı ürünler mevcuttur.

Kokolin: Şeker, bitkisel yağ, peyniraltı suyu tozu, emülgatör gibi katkı maddeleri ile gerektiğinde ilave edilen çeşni maddeleri, süt veya süttözu kullanılarak tekniğine uygun olarak hazırlanan ürünlerdir.

Çikolata Kaplama: Çikolata kaplama da kakao, bitkisel yağ, şeker veya tatlandırıcılar, katkı maddeleri ve gerektiğinde çeşni maddeleri süt veya süttözu maddeler ilave edilerek tekniğine uygun üretilen bir üründür. Yayıgın olarak bazı unlu mamüllerin ve şekerlemelerin kaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye’de çikolata ve kokolin farklı adlandırıldığı için bu tarz ürünlere Türkiye piyasasında kokolin kaplama adı da verilmektedir.

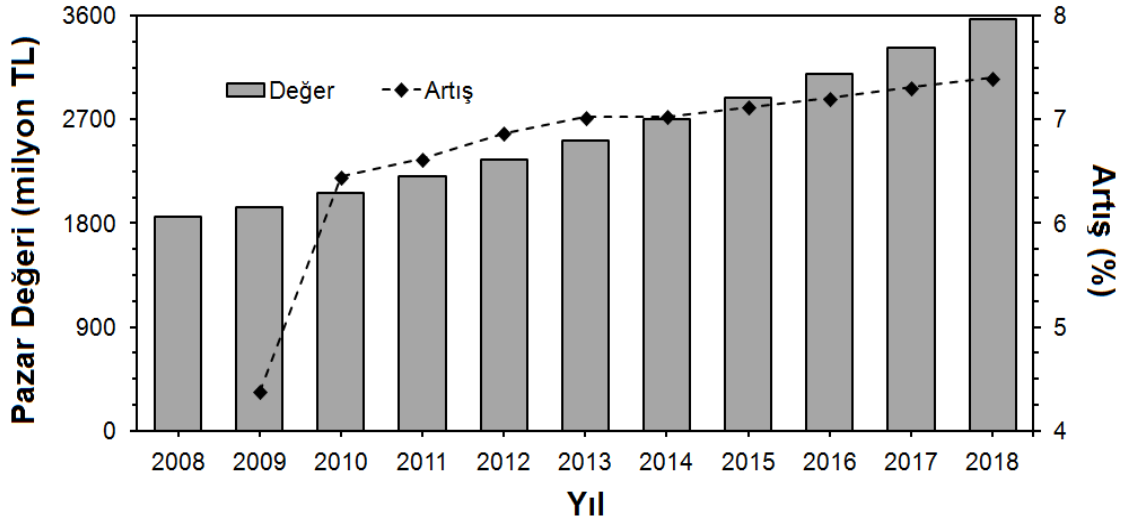
Çikolata çeşitlerinin bileşimlerine yönelik bilgiler Çizelge 2.1’de gösterilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, standartlarda belirtilen bileşim konsantrasyonu ürün çeşidine bağlı olarak değişiklik gösterdiği gibi ülkeler arasında da farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 2.1. Çikolata çeşitlerinin kuru madde üzerinden bileşimleri (%) (Anonim 2003)

Çeşit	Toplam Kakao Kuru Maddesi	Yağsız Kakao Kuru Maddesi	Kakao Yağı	Toplam Yağ	Süt Kuru Maddesi	Süt Yağı	Fındık
Bitter çikolata	≥35	≥14	≥18	-	-	-	-
Granül veya pul bitter çikolata	≥32	≥14	≥12	-	-	-	-
Kuvertür bitter	≥35	≥2,5	≥31	-	-	-	-
Fındık ezmeli	≥32	≥8	-	-	-	-	≥20 - 40≤
Sütlü çikolata	≥25	≥2,5	-	≥25	≥14	≥3,5	-
Granül veya pul sütlü çikolata	≥20	-	-	≥12	≥12	-	-
Kuvertür sütlü	≥25	≥2,5	-	≥31	-	-	-
Fındık ezmeli	-	-	-	-	≥10	-	≥15 - 40≤
Bol sütlü	≥20	≥2,5	-	≥25	≥20	≥5	-
Beyaz çikolata	-	-	≥20	-	≥14	≥3,5	-

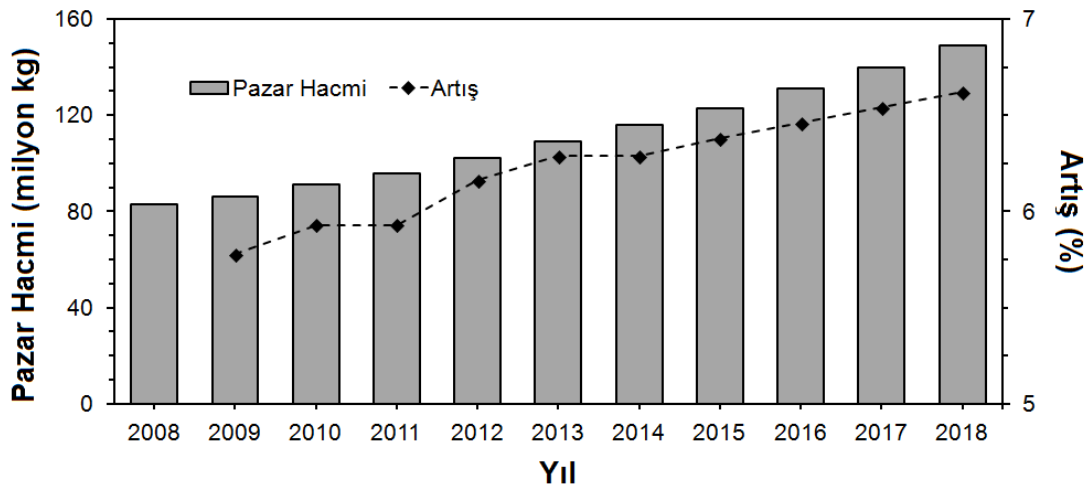
Bu kısımda çikolata ve ürünleri ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra, çikolata konusunda yapılacak çalışmalara önem verilmesi bakımından sektörün durumu da ortaya konulmuştur. Türkiye’deki çikolata endüstrisine yönelik istatistiki veriler incelendiğinde,

Türkiye’de bu sektörün her geçen yıl daha da büyüdüğü gözlenmektedir. Kanada’da faaliyet gösteren Canadean firması tarafından 2008-2018 yılları için Türkiye’deki çikolata pazar değerine yönelik istatistiksel veriler ışığında bir projeksiyon yapılmıştır (Şekil 2.1) (Canadean, 2014).



Şekil 2.1. Türkiye’deki çikolata pazar değerinin yıllara göre dağılımı (Canadean 2014)

Şekil 2.1’den görüldüğü gibi, çikolata pazar değeri her geçen yıl artış göstermiştir. 2014 yılında 2008 yılına göre pazar değerinde % 7,03’lük bir artış meydana gelmiş olup 2018 yılında % 7,40’lık bir artış beklenmektedir. Şekil 2.2’de ise çikolata sektörüne ait pazar hacminin yıllara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 2.2. Türkiye’deki çikolata ve ürünlerine ait pazar hacminin ve hacimdeki artışın yıllara göre değişimi (Canadean 2014)

Türkiye’de çikolata ve ürünlerinin pazar hacmi 2008 yılında 82,8 milyon kg iken bu değer 2014 yılında 115,6 milyon kg değerine ulaşmıştır. 2018 yılında ise pazar hacminin 148,8 milyon kg’a çıkması beklenmektedir.

2009-2012 yılları arasında Türkiye’deki çikolatalı mamuller ihracatına yönelik ihraç edilen ürün miktarı ve değeri, Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Türkiye’nin çikolatalı mamuller ihracatı (Anonim 2015)

	2009	2010	2011	2012
Miktar (Ton)	122.835	137.204	149.414	157.224
Değer (1000 ABD \$)	328.641	364.398	433.952	478.701

Çizelgeden de görüldüğü gibi, ihraç edilen ürün miktarı ve değeri 2009 yılından 2012 yılına kadar sürekli artış göstermiştir. 2009 ve 2012 verileri kıyaslandığında 4 sene içerisinde üretim miktarında yaklaşık % 28’lik bir artış söz konusu iken ihracat değeri göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık olarak % 46’lık bir artış meydana gelmiştir.

Dünya çikolatalı mamuller 2012 ihracat verileri incelendiğinde % 17,2’lik pay ile Almanya birinci (4 milyar dolar ihracat), % 11,1’lik pay ile Belçika (2,6 milyar dolar) ikinci ve % 7’lik pay (1,6 milyar dolar) ile Hollanda üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2015). Söz konusu 3 ülke ile Türkiye kıyaslandığında ise Türkiye’nin bu ülkelerin gerisinde olduğu görülmektedir.

Tüm bu istatistiksel veriler incelendiğinde, Türkiye’de çikolata sektörünün büyük bir gelişme gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle, ülkemizde çikolata konusunda daha fazla bilimsel çalışma yapılması, sektörün gelişmesi ve ihracata yönelik katma değeri yüksek ürünler üretebilmemiz bakımından son derece önemlidir.

2.3. Çikolata ve Ürünlerinin Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Çikolata ve ürünleri konusunda genel bilgiler ve ülkemiz çikolata endüstri pazarı hakkında verildikten sonra bu kısımda çikolatada kullanılan hammaddeler ve bu hammaddelerin ürün kalitesi üzerine etkileri hakkında bilgi verilecektir. Çikolata ve ürünleri çeşidine göre değişmekle birlikte genel olarak kakao likörü (fermente olmuş ve kurutulmuş kakao çekirdeklerinin kavrulup kabuklarından ayrılması ve öğütülmesi sonucu elde edilen

kakao kitle), şeker, kakao yağı, süt yağı ve süt tozu içermektedir. Bu kısımda çikolata formülasyonunun temelini oluşturan kakao, şeker ve tatlandırıcılar, süt bazlı hammaddeler, sürfaktanlar ve yağ üzerinde durulacaktır.

2.3.1. Kakao

Beyaz çikolata haricinde diğer bütün çikolata çeşitlerinde bulunması gereken en önemli hammadde kakaodur. Kakao veya kakao ağacı (*Theobroma cacao* L.) yaygın olarak Güney Amerika'da, Güneydoğu Asya ve Batı Afrika'da yetiştirilmektedir. Brezilya'da Bahia en fazla kakao yetiştiriciliği yapılan bölge iken Gana bu alanda ikinci sırada yer almaktadır (Beckett 2008). Nijerya, Endonezya ve Malezya'da kakao yetiştirilen önemli ülkeler arasındadır.

Kakaonun kimyasal bileşimi, çikolata kalitesi ve özellikle de çikolatanın duyu özellikleri bakımından son derece önemlidir. Fermente olmamış kakao çekirdeğinin kompozisyonu, Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Kakaoda bulunan kotiledon çikolataya karakteristik lezzet ve aroma sağlayan kısımdır (Osman ve ark. 2004). Kakao çekirdeği kuru madde üzerinden yaklaşık olarak % 12-18 arasında polifenol içermektedir (Kim ve Keeney 1984). Kakao polifenolleri temel olarak 3 gruba ayrılır: Kateşinler veya flavan-3-oller (% 37), antosiyaninler (% 4) ve proantosiyenin (% 58) (Wollgast ve Anklam 2000). Kakaonun polifenoller açısından zengin oluşu, kakao içeren ürünlerin fonksiyonel ürün olma özelliklerini taşımasını sağlamaktadır. Kakaonun kan basıncını azaltarak kardiyovasküler hastalıklara yakalanma riskini azalttığı (Buijsse ve ark. 2010), endotel disfonksiyonu engellediği (Heiss ve ark. 2005), epinefrin uyarılmış trombosit aktivasyonunu engellediği (Pearson ve ark. 2002) ve β -hücre fonksiyonunu geliştirerek insülin duyarlılığını artırdığı (Grassi ve ark. 2008) çeşitli çalışmalar ile tespit edilmiştir. Kakaonun kimyasal bileşimi yetiştirildiği koşulların iklim şartlarından ve kakao türünden etkilendiği için farklı kakao kullanımı çikolatanın duyu özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Hasat edilen kakaolara, aroma öncü maddelerinin oluşabilmesi için fermentasyon ve kurutma işlemi uygulanmaktadır (Beckett 2009). Taze kakao çekirdekleri, yüksek polifenol içeriklerinden dolayı istenmeyen acı bir tada sahiptir (Jinap ve ark. 2005).

Çizelge 2.3. Batı Afrika’da yetiştirilen fermente olmamış kakao çekirdeğinin bileşimi (Rohan 1963, Reineccius ve ark. 1972)

Bileşenler		Kuru Çekirdek (%)	Yağsız Çekirdek (%)
Kotiledon		89,60	-
Kabuk		9,63	-
Tohum özü		0,77	-
Yağ		53,05	-
Su		3,65	-
Kül		2,63	6,07
Nitrojen	Toplam nitrojen	2,28	5,27
	Protein nitrojen	1,50	3,46
	Teobromin	1,71	3,95
	Kafein	0,085	0,196
Karbonhidratlar	Glukoz	0,30	0,69
	Sakkaroz	1,58	3,86
	Nişasta	6,10	14,09
	Pektin	2,25	5,20
	Lif	2,09	4,83
	Pentozan	1,27	2,93
	Musilaj ve gam	0,38	0,88
Polifenoller		7,54	17,43
Asetik asit		0,014	0,032
Okzalik asit		0,29	0,67

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 aşamasında çekirdeklerden ayrılmış meyveler bir kaba konular ve kabın üstü muz yaprakları ile kapatılır (Wood ve Laas 1985). 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 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

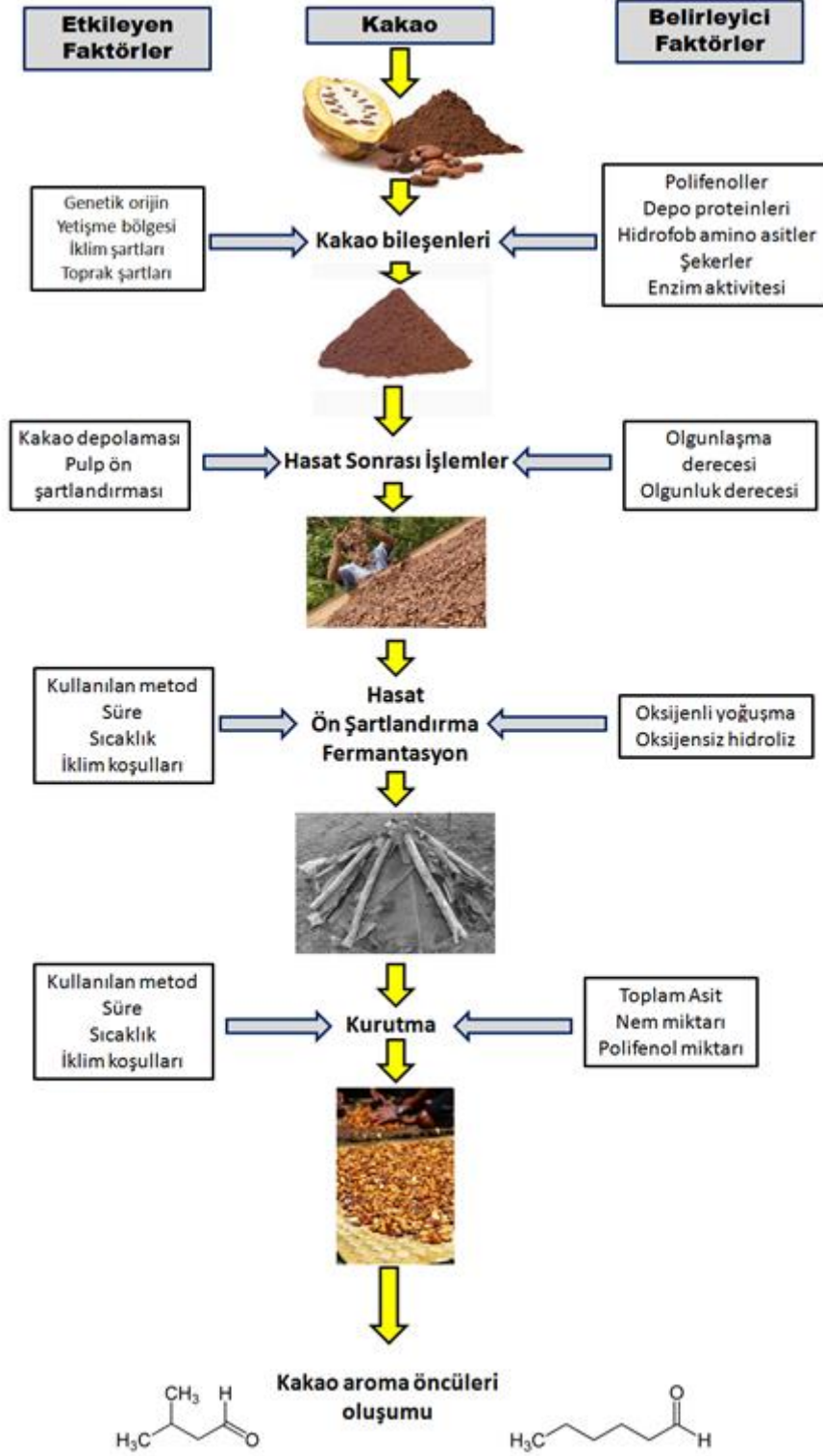
parametreleri olarak dikkate alınmaktadır (Rohsius ve ark. 2006). Fermentasyon, son ürün kalitesi açısından özellikle de aroma açısından çok önemlidir (Beckett 2009). Etil-2-metilbutanoate, tetrametilpirazin, ve bazı pirazinler gibi önemli aroma aktif bileşenler, fermentasyon sırasında oluşmaktadır. Bitter tat ise teobromin ve kafeinden dolayı oluşmaktadır (Beckett 2009). Fermentasyon sırasında aminoasitlerden türetilen diğer önemli aroma öncüsü maddeler de şunlardır: 3-metilbutanal, fenilasetaldehyt, 2-metil-3-(metildithio)furan, 2-etil-3,5-dimetil- ve 2,3-dietil-5-metilpirazin (Taylor 2002).

Fermentasyon sonrasında kakaolar, fermentasyon kaplarından çıkarılır ve hasırlar ile kaplanmış platform üzerinde ve toprak üstünde güneş altında kurutulur (Beckett 2009). Kurutma sırasında polifenol oksitleyici reaksiyonlar polifenol oksidazlar ile katalizlenir. Böylece yeni aroma maddeleri oluşur, zar bütünlüğü bozulurak kaverengi 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).

Kakao aromasını etkileyen ve aromayı belirleyici faktörler Şekil 2.3'de verilmiştir. Kakao, çikolata aromasını belirleyen en önemli hammaddelerden birisidir.

2.3.2. Şeker

Çikolata, çeşidine bağlı olarak yaklaşık % 30-60 oranında şeker içeren bir üründür (Aidoo ve ark. 2013). Çikolatada kullanılan şekerin çok büyük bir kısmını sakkaroz oluşturmakla birlikte süt ve süt bazlı hammaddelerin kullanılmasından dolayı laktoz da bulunmaktadır (Beckett 2008). Çikolata üretiminde yaygın olarak kristal yapıdaki orta boyutta (0,6-1,0 mm tanecik boyutu) şeker kullanılmaktadır (Afoakwa 2010). Kristal şekerin yüksek sıcaklığa maruz kalmasından dolayı oluşan amorf şeker çikolatanın aroması ve akış davranışı için oldukça önemlidir (Afoakwa 2010). Amorf şekerin yüzeyi çok reaktif olduğundan dolayı



Şekil 2.3. Kakao aroma öncü maddelerinin oluşum mekanizması (Beckett 2009)

yakınında bulunan aroma maddelerini kolayca absorbe eder (Afoakwa 2010). Sakkaroz, çikolata ve ürünlerinde tatlılığı, partikül boyut dağılımını, tekstürü ve reolojik özellikleri etkileyen önemli bir hammaddedir (Aidoo ve ark. 2013).

Son zamanlarda insanların yaşam tarzlarından dolayı düşük kalorili gıda tüketmeye yönelik eğilimleri, çikolata alanında da sakkaroz yerine düşük kalorili tatlandırıcılar kullanma gereğini ortaya çıkardı. Bu amaç için yaygın kullanılan şeker ikameleri olarak bilinen şeker alkolleri (sorbitol, mannitol, ksilitol, izomalt, eritriol, laktitol, maltitol), stevya, taumatin, inulin ve polidekstrozun kullanımına yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Aidoo ve ark. (2015) çikolata formülasyonunda sakkaroz yerine % 0,24 oranında stevya ve % 0,06 oranında taumatin kullanarak ayrıca % 36 oranında polidekstroz ve % 12 oranında inulin içeren iki farklı düşük kalorili bitter çikolata üretmişler ve bu çikolataları % 48 oranında sakkaroz içeren ürünler ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucuna göre, çikolataların sertlik değeri ve erime özellikleri arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Aynı çalışmada çikolata örneklerinin reolojik özellikleri de incelenmiş ve kontrol örneğinin Casson akma değeri (yield stress) diğer örneklerden daha yüksek bulunmuş, plastik viskozite değeri ise stevya ve taumatin kullanılarak üretilen örneklerde daha yüksek çıkmıştır. Çalışma sonucunda, stevya/polidekstroz/inulin veya taumatin/polidekstroz/inulin içeren örneklerinin akış, tekstürel ve erime özelliklerinin genel olarak kontrol örneğine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Golob ve ark. (2004) inulin ve fruktoz kullanarak ürettikleri çikolataların duyuşal özellikleri ile kontrol örneği arasında önemli bir fark bulamamışlardır. Tatlandırıcıların çikolatanın reolojik özelliklerine etkisini araştırmak amacıyla yürütölen bir başka çalışmada sakkaroz yerine maltitol, izomalt ve ksilitol kullanılmıştır. Ksilitol ve maltitol kullanılarak üretilen çikolataların plastik viskozite değeri kontrol örneğine çok yakın bulunurken izomalt içeren örneğin plastik viskozite değeri, kontrol örneğinden daha yüksek çıkmıştır (Sokmen ve Gunes 2006).

Farzanmehr ve ark. (2009) ise inulin, polidekstroz ve maltodekstrinin sakkaroz yerine kullanım olanaklarını araştırdıkları bir çalışmada, yüksek oranda polidekstroz ve maltodekstrin içeren örneklerin daha yumuşak bir tekstüre sahip olduğunu belirlemişlerdir. % 50:25:25 oranında inulin:polidekstroz:maltodekstrin içeren örneğin sertlik değeri en yüksek bulunmuştur. Şeker kaynağı olarak % 100 inulin içeren örneğin sertlik değerinin kontrol örneğine çok yakın çıktığı belirtilmiştir. Çalışmada şeker ikame çeşidinin ve

konsantrasyonunun ürünlerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerini farklı derecede etkilediği belirlenmiştir. Yüksek miktarda inulin ve polidekstroz ile düşük miktarda maltodekstrin kullanımının, çikolatanın duyuşal özelliklerini önemli derecede geliştirdiği ifade edilmiştir. En uygun inulin, polidekstroz ve maltodekstrin konsantrasyon aralığı sırasıyla % 14-32 ve 71-84, % 7-26 ve 67-77 ve % 0-20 aralığında bulunmuştur. Çikolatada inulin kullanımının erime sırasındaki serinletici hissi düzenlediği ve çikolata aromasını geliştirdiği de ayrıca belirtilmiştir (Aidoo ve ark. 2013).

Sakkaroz yerine maltitol ve izomalt kullanılarak üretilen % 9 oranında inulin içeren prebiyotik çikolata örneklerinin partikül boyut dağılımı, sertlik değeri ve renk özellikleri kontrol örneğine oldukça yakın bulunmuştur (Konar 2013). Reolojik parametrelerden akış noktası ise en yüksek kontrol örneğinde, sonra sırasıyla maltitol ve izomalt içeren örneklerde tespit edilmiştir. Aynı çalışmada ayrıca konçlama sıcaklığının (50, 55 ve 60 °C) çikolatanın kalite parametrelerine etkisi de araştırılmıştır. Bulgulara göre, konçlama sıcaklığının artışına bağlı olarak akma noktası değeri, sakkaroz ve maltitol içeren örneklerde azalma göstermişken, izomalt içeren prebiyotik çikolata örneklerde önemli bir değişim göstermemiştir.

Literatürde yukarıda bahsedilen çalışmalara ilave olarak bu konuda farklı çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde yüksek kalorili bir ürün olan çikolata formülasyonunda sakkaroz yerine düşük kalorili tatlandırıcılar kullanılabileceği belirtilmiştir. Fakat çalışmalarda sakkaroz ikamesi kullanılan ürünlerin üretim metodlarının da son ürün kalitesini etkilediği vurgulanmıştır (Aidoo ve ark. 2013). Polidesktroz kullanımında düşük sıcaklıkta konçlama yapılması tavsiye edilmiştir. Aksi halde ürünün üretimi sırasında istenmeyen derecede yüksek viskozite görölmesi ve partiküllerin kümeleşmesinin gözlemlenebileceği belirtilmiştir (Zumbe 1992). Bu durumda da çikolatanın kalite parametreleri olumsuz yönde etkilenecektir. Dolayısıyla çikolata formülasyonu değiştirildiğinde, istenen kalitede bir ürün elde edebilmek için üretim prosesinin de optimize edilmesi gerekmektedir.

2.3.3. Süt bazlı hammaddeler

Bilindiği gibi, en yaygın tüketilen çikolata çeşitlerinin başında sütlü çikolata gelmektedir. Süt bazlı bileşenler çikolatanın istenilen kalite kriterleri ve lezzete sahip olması açısından oldukça önemlidir. Süt yağının çikolata açısından önemi bir sonraki bölümde

anlatılacağı için bu kısımda süt yağı üzerinde durulmamıştır. Sütlü çikolata formülasyonunda yaygın olarak yağı alınmış süt tozu kullanılmaktadır. Toz gıdalar için kalite indeksi olan birçok fiziksel parametre (çözünürlük indeksi, yanık partiküller, toz rengi), çikolata üreticileri için önemli değildir (Beckett 2009). Kullanılacak ürün çeşidine bağlı olarak yağsız süt tozunun aroması ve kokusu önemlidir (Beckett 2009). Çikolata üretim prosesinde genel olarak pastörizasyon altındaki sıcaklıklar uygulandığı için çikolata da kullanılacak süt tozunun yükünün belirlenen mikrobiyolojik kriterlerinin (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). Kurutulmuş yağsız süt tozu formundaki sütün katı fraksiyonu kurutma esnasında uygulanan ısı işleme ve kurutma şartlarına bağlı olarak çikolatanın aromasını, tekstürünü ve akış davranışlarını etkilemektedir (Afoakwa ve ark. 2007). Yağsız süt tozunun bir dereceye kadar kakao yağını yumuşattığı belirtilmiştir (Haylock ve Dodds 1999).

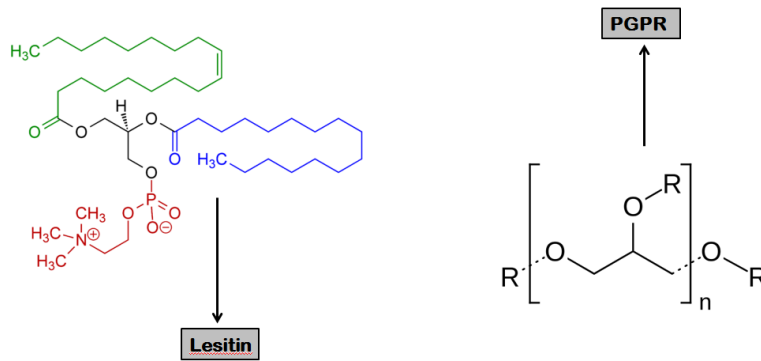
Süt proteinleri, sütlü çikolatada kremsiliğin artmasına neden olur. Süt proteinlerinin kazein kısmı sürfaktan gibi davranır ve çikolatanın viskozitesini azaltırken, tam tersine peyniraltı suyu proteinleri viskozitenin artmasına neden olur (Haylock ve Dodds 1999). Peynir altı suyu tozu da bazı çikolatalarda şekerli hissini azaltmak için kullanılır (Afoakwa ve ark. 2007). Çikolata endüstrisinde istenmeyen lezzeti engellemek için yaygın olarak demineralize peyniraltı suyu tozu tercih edilmektedir (Haylock ve Dodds 1999).

Sütte ve kurutulmuş süt bazlı ürünlerde en fazla bulunan bileşen laktozdur. Laktozun çikolatada başlıca 2 kullanım amacı vardır. Birincisi, eğer ürünün şeker oranı çok fazla ise bunu azaltmak için kısmi olarak sakkaroz yerine laktoz kullanılmaktadır. İkincisi ise düzenlemeler izin verdiği miktarda diğer yağsız süt katı maddesi yerine kullanılmaktadır. İkincisinde kullanım amacı çikolata maliyetini azaltmaktır. Fakat yüksek miktarda laktozun süt tozu yerine kullanımı, son ürünün duyu özelliklerinde gözlemlenebilir farklılıkların oluşmasına yol açar. Çikolata üretiminde amorf laktoz kristalizasyonu, çikolatada kontrol edilemeyen kalınlaşmaya neden olur (Beckett 2009). Kristalizasyon sırasında nemin uzaklaşması süt tozu partikülleri arasında köprülerin kurulmasına neden olur ve bu durumda çikolatanın viskozitesi artar (Ziegleder ve ark. 2004). Laktozun da çikolata aromasını ve akış özelliklerini etkilediği belirtilmiştir (Afoakwa ve ark. 2007). Ayrıca laktozun maillard reaksiyonuna girerek ürünün kahverengiliğinin artmasına neden olduğu da gözlemlenmiştir (Bolenz ve ark. 2006).

Yukarıda da belirtildiği gibi süt kaynaklı bileşenler çikolatanın son ürün kalitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Özellikle de ürün üretimi sırasında, kalıplama aşamasında istenilen kalitenin sağlanabilmesi için ürünün viskozitesi kullanılan süt bazlı bileşenlerdeki kazein, peyniraltı suyu proteinleri ve laktoz içeriğinden önemli şekilde etkilenmektedir. Bundan dolayı, çikolatada bu bileşenlerin kullanım miktarlarının dikkatli şekilde optimize edilmesi veya kullanılacak bileşenlere uygun olarak üretim prosesinin optimize edilmesi gerekir.

2.3.4. Sürfaktanlar

Eriyik haldeki çikolatanın istenilen akış davranışına sahip olabilmesi için emülsifiye edici bileşenlerin kullanılması gerekmektedir. Emülsifiye edici maddeler, çikolatanın akış özelliklerini modifiye etmek için yaygın olarak çikolata formülasyonunda kullanılırlar (Schantz ve Rahm 2005). Sürfaktanlar özel moleküler yapısından dolayı dağılmış ve sürekli fazdaki arayüzey gerilimini azaltarak reoloji ile birlikte çikolatanın neme ve sıcaklığa karşı duyarlılığını ve ürünün temperleme davranışını etkiler (Minifie 1980). Ayrıca emülsifiyerler katı çikolatada da yağ kusmasına duyarlılığı, dolgulardan yağ göçünün stabilitesini ve oksidasyonu etkilemektedir (Hasenhuettl ve Hartel 1997, Walter ve Cornillon 2001). Çikolata ve ürünlerinde en yaygın olarak soya lesitini ve poligliserol poliricinoleat (PGPR) sürfaktanları kullanılmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Lesitin ve PGPR yapısı

Soya yağı üretiminin yan ürünü olan lesitin doğal fosfogliseritlerin karışımıdır (Minifie, 1989). Lesitin % 0,1 ile 0,3 arasında kullanımı çikolata viskozitesini azaltır ve ürünün yüksek nem miktarına olan toleransını artırır (Afoakwa ve ark. 2007). Chevalley (1999)'a göre, 1 kg çikolataya 1-3 g lesitin ilavesi ile sağlanan viskoziteyi azaltıcı etki 10 kat daha fazla kakao yağı

ilavesiyle sağlanabilir ve bu durum kakao yağından dolayı ekonomik kar sağlar. Çikolata formülasyonuna % 0,5'den fazla miktarda ilavesi akma noktasında artışa neden olurken plastik viskozite değerini düşürür (Rector 2000; Schantz ve Rohm 2005). Akma noktası artışı şekerlerin çevresinde çoklu tabaka oluşturan sürekli fazdaki misel oluşumu ile ilgilidir ve oluşan bu miseller ürünün akışını engeller. Lesitin çikolataya en fazla % 1 oranında ilave edilebilir ve iz miktarda da olsa kakao ve süt bazlı bileşenlerden de gelebilir (Afoakwa ve ark. 2007).

PGPR, hintyağı (castor) ile gliserolün polikondansasyonu ile üretilir (Vernier 1998). PGPR, kakao bazlı şekerlemelerde % 0,5'e kadar ilave edilebilir (Rector 2000). Plastik viskozite üzerinde önemli etkiye neden olmazken % 0,2 oranında kullanımı akma değerinde % 50'ye yakın azalmaya neden olur ve % 0,8 oranında kullanılırsa akma noktası tamamen ortadan kalkar (Rector 2000, Schantz ve Rohm 2005). Yani bu miktarda PGPR kullanımı çikolatanın akış davranışında değişikliğe neden olur. Çikolatada böyle bir etkiyi sağlayabilmek için PGPR'a kıyasla çok daha pahalı olan kakao yağını formülasyonda daha fazla kullanmak gerekir (Afoakwa ve ark. 2007). Rector (2000) tarafından gerçekleştirilen araştırma bulgularına göre, % 35 kakao yağı içeren çikolata ile % 32 kakao yağı ve % 0,1 PGPR içeren örnek aynı akma değerine sahiptir. PGPR ilavesi ile ürünün viskozitesinin düşmesi çikolatanın daha düşük sıcaklıkta proses edilebilmesine olanak sağlar, çikolatanın işlenmesini kolaylaştırır, kalıplamanın düşük kesme hızında gerçekleşebilmesine olanak sağlar ve hava kabarcıklarının uzaklaşmasını kolaylaştırır (Anonymous 1998, Rector 2000).

Birçok çikolata üreticisi, istenilen akış noktası ve plastik viskozite değerine sahip ürün üretebilmek için PGPR ve lesitini birlikte kullanmaktadırlar (Schantz ve Rohm 2005). Ürün formülasyonundan kullanılması gereken lesitin ve PGPR miktarı, çikolatanın kullanım amacına ve üretim prosesine uygun olarak ayarlanmalıdır. Uygulamaya bağlı olarak değişmekle birlikte en uygun lesitin:PGPR karışım oranı, 2,5:1 (Hasenhuettl ve Hartel 1977) ve 3:1 (Höfs ve Taschke 2002) olarak bulunmuştur.

2.3.5. Yağlar

2.3.5.1. Kakao yağı

Kakao yağı, kakao çekirdeklerinden elde edilen yenilebilir bir yağ olup çikolatanın temel bileşenidir (Talhat ve ark. 2015). Kakao yağı kompozisyonundan ve kristalizasyon davranışından dolayı diğer bitkisel yağlar arasında benzersiz bir üründür (Jahurul ve ark., 2014). Kakao yağında bulunan yağ asitlerinin % 98'den fazlasını oluşturan 4 temel yağ asidi şunlardır: Palmitik asit (C_{16:0}, % 24,4), stearik asit (C_{18:0}, % 33,6), oleik asit (C_{18:1}, % 37) ve linoleik asit (C_{18:2}, % 3,4) (Shekarchizadeh ve ark. 2009). Kakao yağının spesifik özelliklerini belirleyen yağ asitleri, kakaonun yetiştirildiği bölgeye göre de farklılıklar göstermektedir. Çizelge 2.4, farklı orijinlerden elde edilen kakao yağlarına ait ortalama yağ asidi içeriklerini göstermektedir.

Çizelge 2.4. Farklı bölgelerde yetiştirilmiş kakaolardaki yağların yağ asidi kompozisyonları (Podlaha ve ark. 1984)

Yağ asidi	Ekvator	Brezilya	Gana	Fildişi	Malezya	Cava
Palmitik asit (C _{16:0})	25,6	25,1	25,3	25,8	24,9	24,1
Stearik asit (C _{18:0})	36,0	33,3	37,6	36,9	37,4	37,3
Oleik asit (C _{18:1})	34,6	36,5	32,7	32,9	33,5	34,3
Linoleik asit (C _{18:2})	2,6	3,5	2,8	2,8	2,6	2,7
Linolenik asit (C _{18:3})	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Araşidik asit (C _{20:4})	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Behenik asit (C _{22:0})	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Çizelgeden de görüldüğü gibi, kakao yağının yağ asidi içeriğinin yetiştigi bölgeye göre değişiklik göstermesi, yağların fiziksel özelliklerinde de farklılıklara yol açar. Bu durum, çikolatanın üretim prosesini ve son ürün tekstürünü etkileyen önemli bir faktördür (Liendo ve ark. 1998).

Kakao yağını 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 yağının farklı poliformik formlara dönüşmesi üretim prosesinde

uygulanan temperleme aşamasında gerçekleşmektedir. Temperleme ile ilgili olarak bir sonraki bölümde ayrıntılı bilgi verilmiştir. Kakao yağı, α , γ , β' ve β kristallerine dönüşmekte ve bu kristaller sırasıyla 17, 23, 26 ve 35-37 °C'lerde erimekte (Jahurul ve ark. 2013).

2.3.5.2. Süt yağı

Sütlü çikolatada, sürekli fazı kakao yağı ile birlikte süt yağı oluşturmaktadır. Süt yağı trigliseritleri çoğunlukla doymuş yağ asitlerinden oluşur. Kakao yağında bulunan temel yağ asitlerinden olan palmitik, stearik ve oleik asitler de süt yağında yeterli miktarda mevcuttur. Ancak, kristallenme özellikleri süt yağına göre farklılık gösterir (Haylock ve Dodds 1999). Yağların katı yağ oranının ürün kalitesi üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulduğunda, karışımdaki süt yağı oranının artması ile katı yağ konsantrasyonu düşer, bu durumda da karışım daha yumuşak bir yapıda olur (Talbot 2014). Süt yağı oda sıcaklığında genelde sıvı olmasına rağmen % 15-20 oranında katıdır (German ve Dillard 1998). Kakao yağının β poliformu süt yağının % 50'ye kadar ilave edilmesinden etkilenmez (Talbot 2014). Sütlü çikolatalarda süt yağının toplam yağ miktarı üzerinden % 30'u geçmediği düşünüldüğünde pratikte kakao yağının ortamı domine edeceği söylenebilir ve bu nedenle süt yağının yumuşatma etkisinin dışındaki diğer etkileri ihmal edilebilir (Timms 1980). Ayrıca süt yağının çikolata ve ürünlerinde önemli bir kalite sorunu olan yağ kusmasını engellediği veya azalttığı belirtilmiştir (Afoakwa ve ark. 2007).

2.3.5.3. Kakao yağı alternatifleri

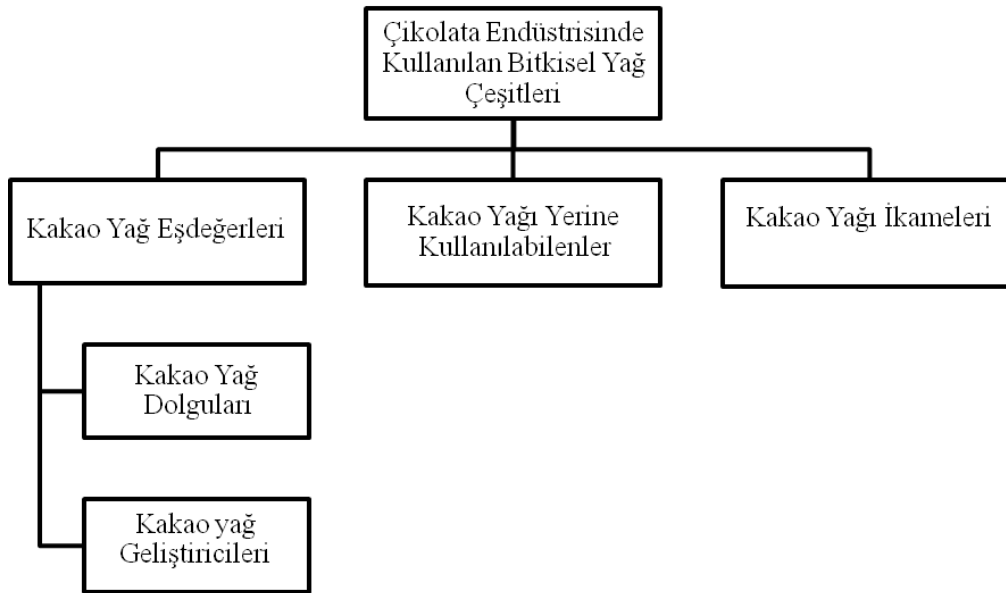
Kakao yağı ve süt yağına ilave olarak farklı bitkisel kaynaklı yağlar da çikolata endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kakao yağı spesifik karakteristik özelliklerinden dolayı yaygın olarak kullanılır ve diğer bitkisel kaynaklı yağlara göre oldukça pahalıdır (Jahurul ve ark. 2013). Kakaonun sınırlı sayıda ülkede yetiştirilmesi (Moreton 1988, Hassan ve ark. 1995) araştırmacıları alternatif yağ bulmak için araştırma yapmaya yöneltmiştir. Bunun için (I) kakao yağı eşdeğerleri (CBE: cocoa butter equivalent), (II) kakao yağı yerine kullanılabilenler (CBR: cocoa butter replacer) ve (III) kakao yağı ikameleri (CBS: cocoa butter substitute) başlıklarıyla 3 çeşit yağ grubu oluşturmuştur (Jahurul ve ark. 2013) (Şekil 2.5.). Aşağıda, belirtilen yağ grupları ile ilgili genel bilgiler verilmiş ayrıntılı bilgi sonraki bölümlerde yer almaktadır.

(I) Kakao Yağı Eşdeğerleri (CBE): Laurik asit içermeyen bitkisel yağlardır. Fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından kakao yağına benzediklerinden dolayı kakao yağının özelliklerini değiştirmeden her oranda kakao yağı ile karışabilir. Bu yağlar, kakao yağı ile tamamiyle uyumludur.

Kakao Yağı Dolguları: Kakao yağı ile her oranda karıştırılmayan kakao yağ eşdeğerlerinin alt grubu olan bitkisel yağ çeşitleridir.

Kakao Yağ Geliştiricileri: Kakao yağı eşdeğerlerine benzerler fakat katı trigliserit miktarı daha yüksektir. Yumuşak kakao yağını geliştirmek için kullanılırlar.

(II) Kakao Yağı Yerine Kullanılabilenler (CBR): Laurik asit içermeyen fakat yağ asidi dağılımı kakao yağına benzeyen bitkisel yağlardır. Trigliserid yapısının büyük bir kısmı kakao yağından farklıdır. Bu yağ sınıfı, kakao yağı ile kısmen uyumludur (Lonchamp ve Hartel 2004). CBR sınıfındaki yağlar, palm yağının hidrojenize edilmesiyle veya yapılandırılmasıyla elde edilirler (Lonchamp ve Hartel 2004). Ayrıca soya ve pamuk yağı gibi yağların hidrojenize edilmesiyle de üretilirler.



Şekil 2.5. Çikolata endüstrisinde kullanılan bitkisel yağların sınıflandırılması

(III) Kakao Yağ İkameleri (CBS): Kimyasal açıdan kakao yağından farklı laurik asit içeren bitkisel yağlardır. Bazı fiziksel özellikleri kakao yağına benzerdir.

Çizelge 2.5’de ise çikolata endüstrisinde kullanılan yağ çeşitlerine ait örnekler, kullanılan yağların temel yağ asidi ve trigliserit bileşenleri özetlenmiştir (Brinkmann 1992).

Çizelge 2.5. Çikolata endüstrisinde kullanılan kakao yağı alternatifleri

Yağ çeşidi	Örnekler	Temel Yağ Asidi	Temel Trigliserit Yapısı
Kakao Yağı Eşdeğerleri	Hurma yağı Shea yağı Kokum yağı	Palmitik (P), Stearik (S), Oleik (O)	POP, POS, SOS
Kakao Yağı Yerine Kullanılabilenler	Soya yağı, Kolza tohumu yağı Pamuk yağı Palm olein	Elaidik asit (E), Stearik asit, Linoleik asit	PPE, SSE
Kakao Yağı İkameleri	Hindistan cevizi yağı Palm çekirdeği yağı	Laurik asit (L), Miristik asit (M)	LLL, LLM, LMM

2.3.5.3.1. Kakao yağı eşdeğerleri (CBE)

Kakao yağının trigliserit içeriğinin bilinmesi yağ sektörünü, eğer kakao yağının trigliserit yapısı kopya edilebilirse fiziksel özellikleri de benzer şekilde kopya edilebilir varsayımına dayanarak alternatif yağ geliştirmeye yönelik çalışmalara yönlendirmiştir (Talbot 2014). Bu amaç için ihtiyaç duyulan trigliseritlerin palm yağı, illipe, shea ve diğer tropik bitki yağlarından sağlanabileceği düşünülmüştür (Unilever 1956). Patentte fraksiyon çözücü yöntem kullanarak palm yağından POP gibi gerekli trigliseritlerin konsantre edilmesi amaçlanmıştır. Fonksiyonellik açısından büyük ölçüde kakao yağına eşdeğer yağlara kakao yağı eşdeğerleri (CBE) denmektedir (Tablot 2014). Simetrik SOS bakımından zengin kakao yağı muadil bileşenlerinin ve karışımlarının trigliserit içeriği, Çizelge 2.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Simetrik SOS bakımından zengin kakao yağı eşdeğerleri bileşenlerinin ve karışımlarının trigliserit içeriği (Talbot 2014)

Yağ Bileşeni	POP (%)	POSt (%)	SOS (%)
Kakao yağı	16	38	23
Palm orta-fraksiyon	57	11	2
Illipe yağı	9	29	42
Shea stearin	3	10	63
Orijinal kakao yağı muadili	33	20	22
Modern kakao yağı muadili	32	15	28

P: Palmitik asit, O: Oleik asit, S: Stearik asit

İstenilen trigliseritlerin konsantre edilmesi için gerekli hammaddeler ve prosesler Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Kakao yağı eşdeğerleri için simetrik SOS (Doymuş yağ asidi, oleik asit, doymuş yağ asidi) üretiminde kullanılan hammaddeler ve uygulanan yöntemler (Talbot 2014)

Hammadde	Orijin	Gerekli Proses	CBE karışımında kullanılan bileşen	Temel trigliserit
Palm yağı	Endonezya, Malezya	Fraksiyonel kristalizasyon	Orta erime fraksiyonu	POP
Shea yağı	Batı Afrika	Zamklama ve tek fraksiyonlama	Sterain (Yüksek erime fraksiyonu)	SOS
Ilipe yağı	Borneo	-	Tam yağ	SOS, POS
Kokum yağı	Hindistan	-	Tam yağ (stearin)	SOS
Sal yağı	Hindistan	Tek fraksiyon	Stearin	SOS, SOA
Mango çekirdek yağı	Hindistan	Tek fraksiyon	Stearin	SOS, POS

P: Palmitik asit, O: Oleik asit, S: Stearik asit, A: Araşidik asit

Çizelge 2.7’de belirtilen yağlar ve bunların farklı fraksiyonları Çizelge 2.6’da görüldüğü gibi kakao yağına benzer trigliserit kompozisyonu elde etmek için uygun oranlarda karıştırılır (Talbot 2014). Kakao yağı muadilleri kakao yağı ile son ürün kalitesini etkilemeyecek şekilde her oranda karışabilir (Jahurul ve ark. 2013). Kakao yağı muadilleri, iki alt gruba ayrılır (Lipp ve Anklam 1998). Bunlardan birincisi olan kakao yağı dolgusu (cacao butter extenders) kakao yağı ile her oranda karıştırılmaz. İkinci alt grup olan kakao yağı geliştiricileri (cacao butter improvers) ise kakao yağı muadillerine benzer olarak katı trigliserit açısından zengindir ve bu özelliğinden dolayı yumuşak kakao yağı geliştirebilmek amacıyla kullanılır (Jahurul ve ark. 2013).

2.3.5.3.2. Kakao yağı yerine kullanılabilenler (CBR)

Soya, palm, fındık, pamuk ve kolza yağı gibi laurik olmayan sıvı yağların hidrojenizasyonu ile üretilen yağlar çikolata formülasyonunda kullanılırsa bu yağlar kakao yağı yerine kullanılabilenler olarak adlandırılır (Talbot 2014). Son zamanlarda mango çekirdeği yağının da kakao yağı yerine geçen yağlar arasında kullanılabilceğine yönelik çalışmalar mevcuttur (Jahurul ve ark. 2014). Bu tür yağlar tek başına hidrojenize edildiği gibi palm yağı ile karıştırılarak da hidrojenize edilir. Kakao yağı yerine geçenlerin erime profili karışım oranlarına, katalizör çeşidine ve hidrojenizasyon koşullarına bağlı olarak değişebilir (Talbot 2014). Buna rağmen bu tür trans sertlendirilmiş yağların erimesi kakao yağı veya laurik yağ alternatifleri gibi keskin değildir. Bu tür hidrojenize yağlar temel olarak 16 ve 18 karbonlu yağ asitlerinden oluşsa da, hidrojenizasyon prosesi kakao yağından farklı gliserit oluşumlarına neden olur. Bu tür yağlar doğrudan stabil poliformları olan β' formuna kristalize olur. Bu durumdan dolayı bu çeşit yağlar temperlenemez ve yaygın olarak çikolata kaplamalarında ve yumuşak yağ bazlı şekerleme dolgularında yapı oluşturucu bileşen olarak kullanılır. Kakao yağı yerine geçenlerin zayıf erime profili, yüksek ve düşük erimeye sahip trigliseritlerin uzaklaştırılmasıyla elde edilen orta fraksiyonlu yağların üretimi için uygulanan fraksiyonasyon yöntemi kullanılarak geliştirilebilir (Talbot 2014). Ticari olarak satılan bazı kakao yağı yerine kullanılabilen bazı yağların yağ asidi kompozisyonu Çizelge 2.8'de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Ticari kakao yağı yerine kullanılabilen bazı yağların yağ asidi kompozisyonları (%) (Nikolova-Damyanova ve Amidzhir 1992)

Çeşit	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}
A	0,8	42,0	22,5	31,3	2,8	0,6	-
B	1,3	53,5	18,7	25,0	1,5	-	-
C	0,7	40,2	22,3	33,0	3,2	0,5	-
D	0,1	24,7	36,1	35,4	1,4	2,1	2,1

P: Palmitik asit, O: Oleik asit, S: Stearik asit, A: Araşidik asit

Çizelge 2.9'da ise bu ticari kakao yağı yerine geçen yağların trigliserit içeriği gösterilmektedir.

Kakao yağı yerine geçen yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamaları, genel olarak arzu edilen parlaklığa sahiptir fakat temel yağ asidi bileşeni C₁₈ olan yağ asitlerinin parlaklığı çok kısa sürede kaybolur (Padley 1997).

Çizelge 2.9. Ticari kakao yağı yerine kullanılabilen bazı yağların trigliserit kompozisyonları (Nikolova-Damyanova ve Amidzhir 1992)

Çeşit	POP	SOP	SOS	SOA
A	58,1	14,8	26,8	0,0
B	73,8	9,0	17,2	0,0
C	52,3	18,3	26,2	0,0
D	24,7	26,7	41,2	7,3

P: Palmitik asit, O: Oleik asit, S: Stearik asit, A: Araşidik asit

Bu olumsuzluk yağ kaynağına sorbitan tristearat ilave edilmesiyle veya yağ formülasyonundaki C₁₆ içeriğini zenginleştirmek için palm olein eklenmesiyle giderilebilir. Laurik (C_{12:0}) içermeyen kakao yağı yerine geçen yağlar ile üretilen çikolata kaplamaları, laurik içeren kakao yağı ikameleri (CBS) kullanılarak üretilen örnekler kadar kırılma eğilimindedir. Bu tür yağlar daha çok büyük çaplı kek benzeri ürünlerin kaplanması amacıyla kullanılan çikolata kaplamalarının üretiminde kullanılır. Çikolata kaplamaların yumuşaklığı ve esnekliği, kaplanmış keklerin kesilmesi sırasında kaplamadaki kırılmaların engellenmesini sağlar (Talbot 2014). Ayrıca kakao yağı yerine geçen yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının oda sıcaklığında veya daha yüksek sıcaklıklarda depolanması ile katı yağ oranının artması sonucu kaplama örneklerinde sertleşme meydana gelir (Soon 1991, Padley 1997).

Trans yağ asitlerinin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin bilimsel araştırmalarla ortaya konulmasından sonra tüketici talepleri doğrultusunda, kakao yağı yerine kullanılan yağların trans yağ asidi içeriklerinin azaltılması yönündeki çalışmalar önem kazanmıştır. Laurik içermeyen düşük trans içerikli kakao yağı yerine geçenler yüksek trans içerenler ile hidrojenize edilmemiş yağların karıştırılmasıyla elde edilir ve bu tarz tür yağlar genel olarak % 5 ile % 15 arasında trans yağ içerir. Trans yağ içermeyen kakao yağı yerine geçenler soya, palm ve pamuk yağının tamamıyla hidrojenize edilmesiyle üretilir. Elde edilen düşük trans yağ içerikli yağlar, üretimde kullanılan yağ çeşidine bağlı olarak çok yüksek erime sıcaklığına (58-70 °C arasında) sahiptir (Talbot 2014). Ribeiro ve ark. (2013) bu tarz tür yağları kakao yağına % 5 oranına kadar ilave edilerek ısıya dirençli çikolata üretmişlerdir. Laurik ve trans yağ asidi içermeyen kakao yağı muadilleri poliformik olmasından dolayı temperleme prosesine ihtiyaç duyar. Fakat yüksek trans içerikli laurik içermeyen kakao yağı yerine geçenler stabil β' formuna kristalize olur ve temperleme prosesine ihtiyaç duymazlar (Talbot 2014).

2.3.5.3.3. Kakao yağı ikameleri (CBS)

Kakao yağı alternatifleri arasında yer alan son grup da kakao yağı ikameleridir. Bu sınıftaki yağ ikameleri, laurik yağ içeriğince zengin olup bundan dolayı laurik yağ içeren kakao alternatifleri olarak da adlandırılırlar. Kakao yağı ikameleri, yüksek miktarda laurik (% 45-55) ve miristik (% 15-20) asit içerir. Bu kısa zincirli asitlerin düşük erime noktasından dolayı kakao yağı ikameleri keskin erime profiline sahiptir ve güzel ağız hissini sağlarlar. Palm çekirdeği ve hindistan cevizi yağı yumuşak olup her iki yağ çeşidi de 26 °C civarında erir. Kakao yağı ikamelerinin şekerleme ürünleri için kabuledilebilir seviyede 20 °C'deki katı yağ içeriğine sahip olabilmesi için doymamış yağ asidi miktarını azaltmak veya uzaklaştırmak amacıyla hidrojenizasyon işlemi uygulanarak farklı erime profiline sahip yağlar elde edilir. Hidrojenizasyon işlemi palm çekirdeği yağının erime noktasını 35 °C'nin üstüne çeker ve ayrıca zayıf ağız hissine neden olur. Katı oranı artırmak için uygulanan bir diğer alternatif metod ise fraksiyonasyon işlemidir. Bu yöntem ile üretilen stearinler çok dik erime profiline sahiptir. Laurik asit içermeyen CBR'ler gibi laurik yağ içeren kakao yağı ikameleri de doğrudan stabil formları olan β' formuna kristalize olurlar. Bu durum, yağ ikamelerinin de temperleme prosesine ihtiyaç duymadığının bir göstergesidir (Talbot 2014). Palm kernel çekirdeği yağının genel yağ asidi içeriği, Çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Palm kernel yağının yağ asidi içeriği (Abu-Hadeed ve Kotb (1988), de Jong ve de Jong (1991))

Yağ Asidi	Palm Kernel Yağı (Abu-Hadeed ve Kotb 1988)	Palm Kernel Yağı (de Jong ve de Jong 1991)
C _{8:0}	2,4	5,7
C _{10:0}	2,5	4,7
C _{12:0}	36,9	46,1
C _{14:0}	12,7	17,5
C _{16:0}	7,0	9,2
C _{16:1}	-	-
C _{18:0}	1,7	3,0
C _{18:1}	14,4	11,5
C _{18:2}	2,2	2,2
C _{18:3}	-	-
C _{20:0}	0,1	-
C _{20:1}	-	-

Görüldüğü gibi çikolata endüstrisinde çok farklı yağlar ürün formülasyonlarında kalite parametrelerine bağlı olarak kullanılmaktadır. Çizelge 2.11'de, kakao yağı ile kakao yağı alternatiflerinin yağ asidi içerikleri verilmiştir.

Çizelge 2.11. Kakao yağının ve kakao yağı alternatiflerinin yağ asidi içeriği (Slager ve ark. 2007)

Yağ asidi	CBE		Laurik olmayan CBR		Laurik CBS		
	Kakao Yağı	Low-PMF	High-PMF	Hidrojenize	Hidrojenize olmamış	Palm kernel st.	Hidr. Palm
C _{8:0}	-	-	-	-	-	2	2
C _{10:0}	-	-	-	-	-	2	2
C _{12:0}	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	54	54
C _{14:0}	0,1	0,3	0,4	<0,1	-	22	22
C _{16:0}	26	34	44	23	65	9	9
C _{18:0}	34	29	20	12	-	2	11
C _{18:1-cis}	35	34	33	16	29	7	<0,1
C _{18:1-trans}	-	<0,1	<0,1	46	<1	-	-
C _{18:2}	3	2,0	2,4	1	7	1	-
C _{20:0}	1	0,5	0,2	1	-	<0,1	<0,1

PMF: Orta palm fraksiyon; st: stearin; Hidr: Hidrojenize

Yağ asitleri içeriğine göre belirlenen yağların fiziksel özellikleri dikkate alınarak, kakao yağına diğer yağların uyumu (benzerliği) belirlenmiş ve Çizelge 2.12'de yağ gruplarının temel yağ asitlerinin zincir uzunluğu, stabil poliformları ve kakao yağına benzerlikleri belirtilmiştir.

Çizelge 2.12. Kakao yağı ile diğer kakao yağı alternatiflerinin benzerliği (Talbot 2014)

Yağ çeşidi	Zincir Uzunluğu	Stabil Poliform	Benzerlik (%)
Kakao yağı	16 ve 18	β -3	-
Kakao yağı muadili (CBE)	16 ve 18	β -3	~100
Hidrojenize edilmiş laurik olmayan CBR	16 ve 18	β' -2	~20
Hidrojenize edilmemiş laurik olmayan CBR	16 ve 18	β' -2	~20
Laurik CBS	12 ve 14	β' -2	~5

Kakao yağı alternatiflerinin bu özellikleri dikkate alınmak suretiyle çikolata ve ürünlerine uygun yağ bileşimi oluşturularak ürün formülasyonunda kullanılır. Kokolin, çikolata kaplaması gibi ürünlerin kalite parametrelerine bağlı olarak uygun yağ seçimi ürün albenisi açısından oldukça önemlidir. Çikolata kaplamalarında, kakao yağı yerine kullanılan

yapılandırılmış veya hidrojenize edilmiş yağlar, kaplamanın kullanım amacına uygun kalite özellikleri açısından oldukça önemlidir. Yağlar, sertliklerinin artırılması ve erime profilinin geliştirilmesi için hidrojenize edilir veya yapılandırılırlar. Yapılandırılmış yağların çok hızlı katılaşması, ürün üretim hızının artmasına neden olur. Hidrojenize yağların çok farklı fraksiyonlara sahip olması, onların katılaşma sıcaklıklarının da farklı olmasına yol açar. Oda sıcaklığında sıvı halde olan hidrojenize yağlar da mevcuttur. Bu tür yağların katılaşma süreleri uzun olduğundan, kullanıldıkları çikolata kaplamaları uzun süre yumuşak kalır ve bu durumda da ürünün kaplanması uzun zaman alır ve zorlaşır. Yumuşak kaplama ile üretilen ürünlerin, parlatma aşamasından önce bir gece depolanması gerekir. Su bazlı parlatma ajanları, kolay bir şekilde hidrojenize yağların sıvı veya yumuşak kısımları ile etkileşime geçerek emülsiyon oluşturur. Oluşan bu emülsiyon yüzeyin sert olmasını engeller (Beckett 2009). Yüksek ve düşük erime sıcaklığına sahip trigliseritlerin uzaklaştırılmasıyla elde edilen yapılandırılmış yağlar, ürünlerin erime profilini geliştirmek amacıyla çikolata kaplamalarında kullanılırlar. Bu tür yapılandırılmış yağların çikolata kaplamasında kullanımı, ürünlerde parlak bir görünüme neden olur. Görüldüğü gibi çikolata kaplamalarında kullanılan yağ çeşidi elde edilen ürünün parlaklığı üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Parlaklığın ürünlerin albenisini olumlu derecede etkileyen bir faktör olduğu düşünüldüğünde, formülasyonda kullanılacak yağın optimize edilmesi gıda endüstrisi açısından son derece önemlidir. Laurik asit içermeyen çikolata kaplamalarının yapısı laurik asit içeren ürünlere göre daha az kırılmandır. Az kırılğan olan kaplama materyalleri, kek ve yaş pasta gibi büyük hacimli ürünlerin kaplanması için tercih edilirler. Bu durum, laurik asit içermeyen yağların kaplama formülasyonunda kullanımının daha uygun olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Kırılğanlığı az olan çikolata kaplamasının ürünlerde kullanılması, ürünlerin kesimi sırasında kırılmayı engelleyerek, tüketicinin arzu ettiği bir görüntünün ortaya çıkmasını sağlar (Talbot 2014).

Çikolata kaplamasında kullanılan yağ çeşidi, kaplamanın reolojik özelliklerini (akış davranışı) de önemli derecede etkilemektedir. Ürünlerin reolojik özelliklerinin belirlenmesi, proses sırasında harcanan enerji hesaplamalarında, proses dizaynında, ekipman seçiminde önem arz etmektedir. Ayrıca her bir ürünün kendine özgü bir kıvamı olduğu düşünüldüğünde, ürün formülasyonunun optimizasyonunda ürünün reolojik özellikleri de dikkate alınması gereken önemli kalite parametrelerindedir. Çikolata kaplamasının da akma değeri (yield stress)/(akış için gerekli olan basınç değeri) ürünün işlenebilirliği açısından önem arz etmektedir. Ürün istenilen akma sınırı değerine sahip olduğu zaman kaplama, kaplanacak ürünün her tarafına yayılır ve ürün için iyi bir nem engelleyici materyal olur. Eğer ürünün akma

sınır değeri yüksek olursa, kaplama uygulanan kuvvete karşı direnç gösterir ve sonuçta pürüzlü yapıya sahip bir ürün elde edilir (Beckett 2009). Böyle bir görünüme sahip ürün de tüketici tarafından düşük albeniye sahiptir.

Yukarıdaki açıklamalarında ortaya koyduğu gibi, çikolata kaplamasında kullanılan yağ çeşidi ürünün kalite özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. İstenilen kalite özelliklerine sahip bir ürün üretebilmek için formülasyonda kullanılacak yağların optimize edilmesi gerekmektedir.

2.4. Çikolata ve Ürünlerinin Üretim Prosesi

Çikolata ve ürünlerinin formülasyonunda kullanılan hammaddelerin yanında, ürünlerin üretimi sırasında uygulanan prosesler de ürünlerin kalitesini belirleyen önemli faktörlerdendir. Çikolata üretim süreci tüketicilerin duyu ve dokunma kriterleri noktasında üründen beklentilerinin karşılanması açısından oldukça önemlidir (Afoakwa ve ark. 2008e). Üretimde uygulanan her bir üretim süreci ürünün son kalitesini etkileyerek ürün kalite özellikleri üzerinde çok önemli modifikasyonlara neden olmaktadır (Glicerina ve ark. 2013). Dolayısıyla hangi süreç parametresinin ürün kalite parametrelerini nasıl etkilediği konusunda bilgi sahibi olmak ürün üretimleri açısından oldukça önemlidir. Şekil 2.6'dan da görüldüğü gibi, çikolata ve ürünleri üretim süreci genel olarak karıştırma, ön inceltme, inceltme, konçlama, temperleme ve kalıplama aşamalarından oluşmaktadır (Afoakwa ve ark. 2007). Üretimde uygulanan her bir süreç üründeki partiküllerin bir araya gelmesi, partikül boyutunun azalması ve kakao yağının sabitlenmesi gibi mikroyapısal özelliklerini ciddi bir şekilde etkilemektedir (Aguilera ve Stanley 1999, Chevalley 1999, Aguilera ve ark. 2000, Servais ve ark. 2004, Afoakwa ve ark. 2009). Bu bölümde, üretimde uygulanan her bir süreç aşaması ve bu süreçlerin ürün üzerindeki etkileri açıklanmıştır.

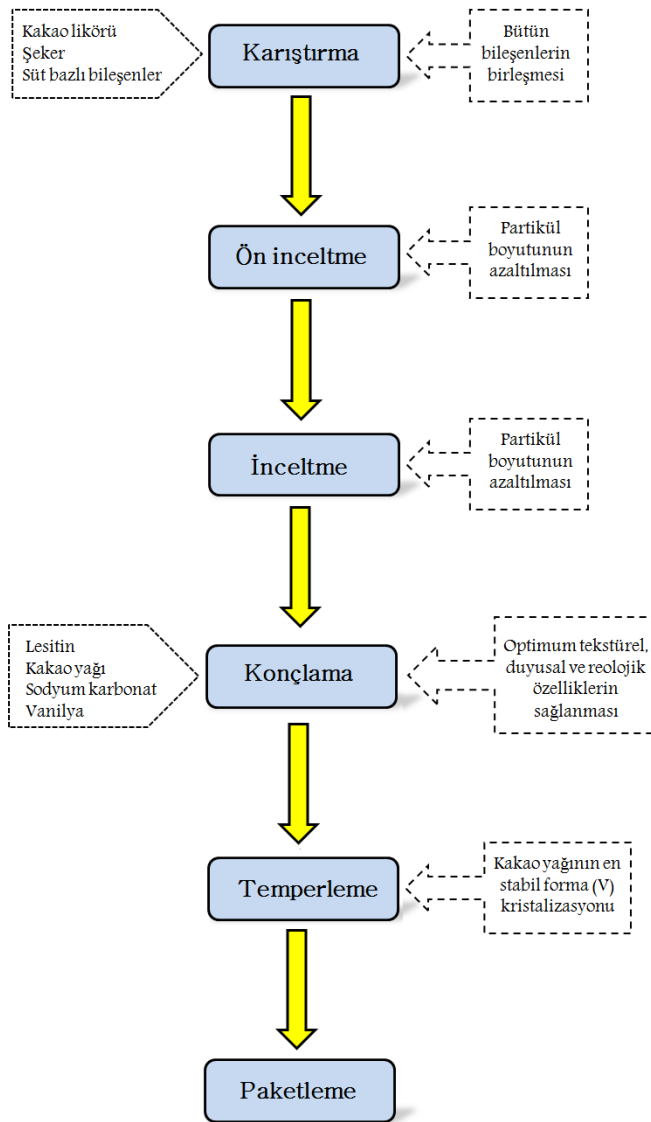
2.4.1. Karıştırma

Bileşenlerin karıştırılması, çikolata üretiminde uygulanan temel işlemdir (Afoakwa 2010). Sabit kıvamlı kütle elde edebilmek için bu işlem sürekli veya kesikli mikserler ile uygun sıcaklık ve süre kombinasyonu kullanılarak gerçekleştirilir (Afoakwa 2010). Kesikli karıştırmada kakao likörü, şeker, kakao yağı ve ürün çeşidine bağlı olarak süt yağı ve süt tozu içeren kütle 40-50 °C'de 12-15 dakika süreyle etraflıca karıştırılır. Sürekli sistem ise büyük çaplı çikolata üreticileri tarafından tercih edilir ve otomatikleştirilmiş iyi bilinen yoğurucular

kullanılarak sert ve plastik kıvamlı yapıya sahip bir kütle elde edilir (Minifie 1989, Awua 2002, Beckett 2009).

2.4.2. İnceltme

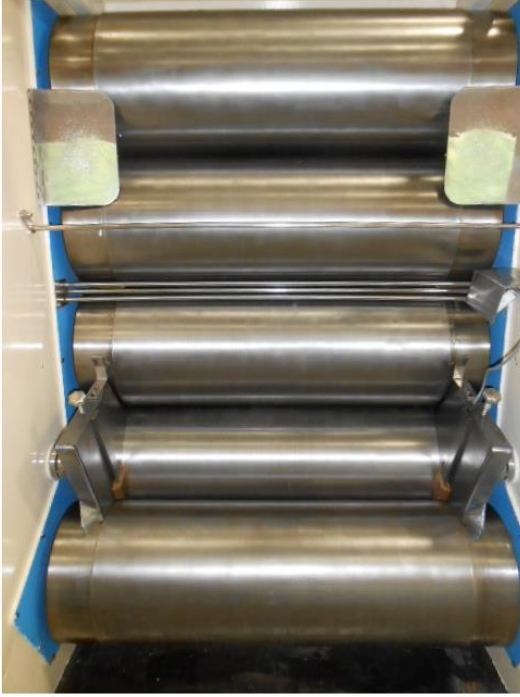
Çikolatada dispers fazı oluşturan katı partiküllerin en büyük boyutunun yenildiği zaman kumlu bir yapı hissettirmemesi için yeteri kadar küçük boyutta olmalıdır (Beckett 2009).



Şekil 2.6. Çikolata üretim prosesi (Afoakwa 2010)

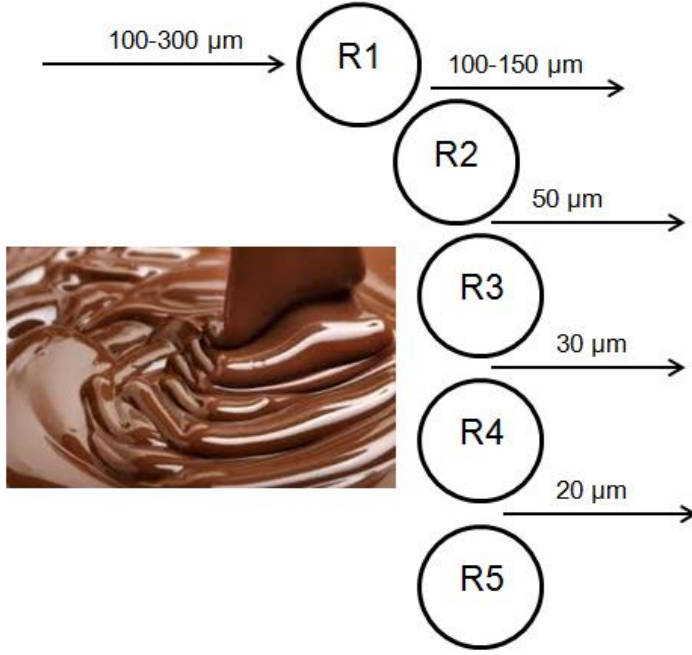
Çikolata ve ürünlerinin üretiminde uygulanan inceltme işlemi, son üründe pütürlü bir tekstürün olması açısından oldukça önemlidir (Afoakwa 2010). Şeker, kakao likörü ve çeşide

göre süt bazlı katı bileşenlerin partikül boyutu iki ve beş silindirli incelticiler (Şekil 2.7) kullanılarak 30 µm'nin altına düşürülür (Beckett 1999, 2009).



Şekil 2.7. Üç ve beş silindirli inceltici

Şekil 2.8, silindirlere geçen okolata kütlesinin partikül boyutuna ait genel Őemayı göstermektedir (Beckett 2009). Son ürünün partikül boyutu, özellikle okolata ve ürünlerinin reolojik ve duyuşal özelliklerini önemli derecede etkiler (Afoakwa 2010). Optimum partikül boyutu okolata çeşidine bağlı olarak değişmekle birlikte, bitter okolata için 35 µm olarak belirlenmiştire ve bu değer ürün bileşiminden de etkilenmektedir (Afoakwa 2010).



Şekil 2.8. Beş silindirli incelticiye ait şematik gösterim

Silindirli incelticilere ilave olarak endüstride bilyalı öğütücüler de bulunmaktadır. Bilyalı öğütücü kullanılarak inceltme işlemini etkileyen önemli parametreler arasında bilyaların materyali (seramik, paslanmaz demir), bilya çapı (2-15 mm), bilya yükü, bilya rotasyon hızı, besleme hızı ve yönü, sıcaklık, bilyaların sayısı ve ağırlığı gibi parametreler yer almaktadır. Bilyalar, tank hacminin % 60-80'ini oluşturur. İnceltilecek kütle arzu edilen boyuta ulaşana kadar defalarca bilyalı öğütücüden geçer. Endüstride yaygın olarak seri halinde iki veya daha fazla bilyalı öğütücü kullanılır. İlk bilyalı öğütücü en yüksek bilya çapına sahipken (15 mm) en sonuncu öğütücü en düşük bilya çapına sahiptir (2-5 mm) (Niediek 1994). Bilya materyali seçiminde ürün formülasyonunun bileşiminde bulunan bileşenler ile bilya materyali arasında reaksiyon oluşmamasına dikkat edilmelidir (Petkovic 2012).

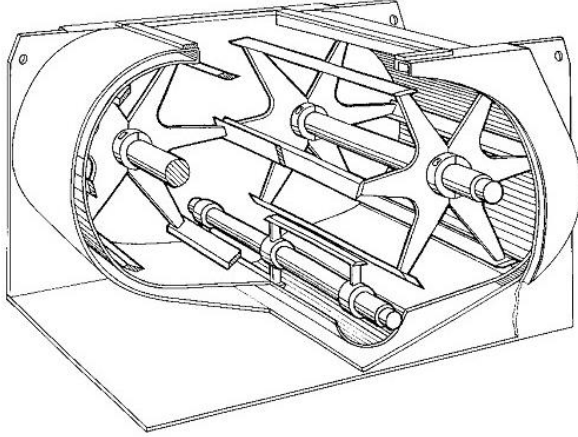
Çikolatanın partikül boyutu ülkeden ülkeye göre de değişiklik gösterir. Avrupa kıtasında üretilen çikolata örneklerinin partikül boyutunun 15-22 µm arasında olması istenirken, Kuzey Amerika'da bu değer 20-30 µm arasında olması tercih edilir (Jackson 1994). İncelticiler, partikül boyutunu azaltma ve kümeleri parçalama yanında partiküllerin sürekli faz içerisinde dağılmasını ve yağ partikülleri ile kaplanmasını da sağlarlar (Afoakwa 2010). Glicerina ve ark. (2013) inceltme işleminin özellikle çikolatanın reolojik özelliklerini etkilediği ve reolojik parametrelerin de karıştırma, pompalama ve taşıma proseslerini (Servais ve ark. 2002), kalıplama ve kaplama proseslerini (Do ve ark. 2007) ve çikolataların duyu özelliklerini

(Ahmed ve Ramaswamy 2006) önemli derecede belirlediğini tespit etmişlerdir Glicerina ve ark. (2015) sütlü çikolatanın kalite parametreleri üzerine prosesin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, karıştırıcıdan çıkan örneklerin partikül boyutunu 103 µm, ön incelticiden çıkan örneklerini 67 µm ve incelticiden çıkan örneklerin ise 29 µm olarak bulmuşlardır.

2.4.3. Konçlama

Çikolata ve ürünlerinin üretim aşamasında uygulanan en önemli proseslerden birisi de konçlamadır. Konçlama bir karıştırma prosesidir ve ısı işlem ile birlikte ürünün dövülme ve havalandırılma proseslerini içerir. Konçlama yağ dışındaki katı maddelerin kaplanması, viskozitenin azaltılması ve daha pürüzsüz bir ağız hissi sağlanması için kakao yağı ve lesitin eklenmesi ile gerçekleştirilir (Albak ve Tekin 2015). Konçlama kuru ve yağ olmak üzere genel olarak iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşamada, kolayca dağılgan yapıda olan çikolatanın nemi ve çikolatada bulunan asetik asit gibi fermentasyon artığı olan bazı istenmeyen bileşenler uzaklaştırılır (Albak ve Tekin 2005, Di Mattia ve ark. 2014). İkinci aşamada ise yağ dışındaki katı maddelerin kaplanması için kakao yağı ve emülgatör ilave edilir (Beckett 2009). Temperleme öncesi konçlama prosesinin sonuna doğru çikolatayı inceltmek ve sıvılaştırmak için ekstra kakao yağı ve lesitin ilave edilir (Beckett 2000, Whitefield 2005). Örnek konçlama makinası ve konçlama cihazının iç mekanizması Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

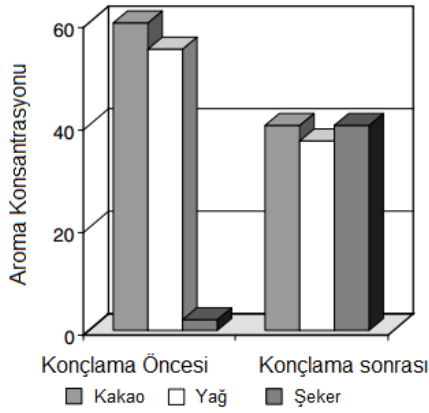
Konçlama ürün çeşidine ve formülasyona bağlı olarak 50 °C üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleşir ve ürünün uygun viskoziteye, tekstür ve aromaya sahip olması için gereklidir (Afoakwa ve ark. 2007, Beckett 2008). Konçlama prosesinde sıcaklık ve süre interaksyonu mevcuttur ve genel olarak sıcaklık arttıkça süre de azalmaktadır (Beckett 2000, Whitefield 2005). Konçlama sıcaklık ve süresinin değiştirilmesi ürünün viskozitesini, tekstürünü ve aromasını net bir şekilde etkilemektedir (Konar 2013, Owusu ve ark. 2012, Owusu ve ark. 2013). Bitter çikolatalar 70 °C ve 90 °C'ye varan yüksek sıcaklık değerlerinde konçlanır (Minifie 1989, Awua 2002). Konçlama aşamasında fazla uçucu asitler ve nem uzaklaştırılır, açılı şeker kristalleri ve viskozite modifiye edilir ve emülsifikasyon ve taninlerin oksidasyonu neticesinde ürünün renginde değişme meydana gelir (Awua 2002, Beckett 2003, Reineccius 2006, Afoakwa ve ark. 2007).



Şekil 2.9. Konçlama makinası ve konçlama cihazının iç yapısı

Konçlama çok önemli bir proses olmasına rağmen, çikolatanın aroması üzerine konçlamanın etkisi hakkında çelişkili sonuçlar mevcuttur. Counet ve ark. (2002) konçlama sırasında herhangi bir anahtar aroma bileşeni oluşmadığını, dallanmış pirazinlerin arttığını ve stecker aldehitlerinin çoğunun kaybolduğunu belirtmişlerdir. Hoskin ve Dimick (2003) ise bitter çikolatanın amino asit miktarının değişmediğini ifade etmişlerdir. Konçlama ile üründeki bitterliğin giderilmesi sonucu diğer aromalar daha iyi algılanır (Beckett 2009). Konçlama prosesi ile düşük kaynama noktasına sahip yağ asitlerinin % 30 oranında azaldığı ve böylece çikolata aromasının keskinliğinin azaldığı belirtilmiştir (Maniere ve Dimick 1979, Ziegleder 2006). 3-metil-butanal, etil-2-metil-butanat, dimetil disülfid ve hekzanalın önemli bir kısmının konçlama ile uzaklaştırılarak ürün aromasının geliştirildiği belirtilmiştir (Schnermann ve Schieberle 1997). Diğer taraftan konçlama aşaması, proses başlangıcında çikolata aromasının bulunduğu kakao partiküllerinde mevcut aroma bileşenlerinin sadece şeker aroması içeren şeker partiküllerine de yayılmasını sağlayarak homojen bir aroma oluşumuna neden olur (Beckett 2009). Konçlama öncesi ve sonrası kakao, yağ ve şekerde bulunan aroma dağılımı, Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, aroma bileşenlerinin daha homojen bir

şekilde dağılması ve çikolatada bulunan aroma bileşenlerinin tad ve kokusunun daha net biçimde algılanabilmesi için çikolata üretiminde uygun bir konçlama işlemi uygulanmalıdır.

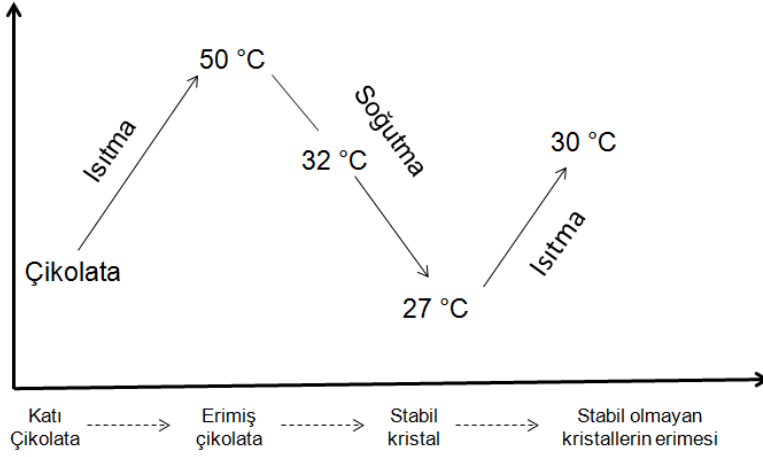


Şekil 2.10. Konçlama öncesi ve sonrası kakao, yağ ve şekerde aroma dağılımı (Beckett 2009)

Konçlama prosesi ile az da olsa partikül boyutunda da azalma meydana gelir. Glicerina ve ark. (2015) gerçekleştirdikleri bir çalışmada, inceltme işlemi sonrası 29 µm partikül boyutuna sahip olan örneğin partikül boyutunu konçlama sonrası 22 µm olarak ölçmüşlerdir.

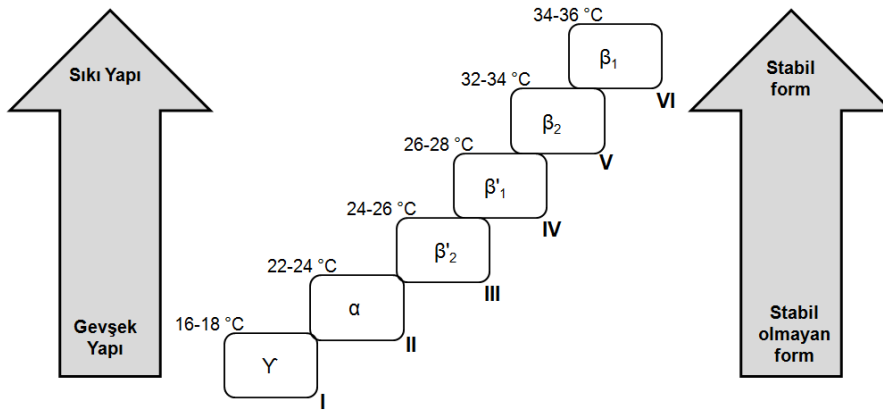
2.4.4. Temperleme

Temperleme, çikolatada bulunan kakao yağının istenilen kristal yapıya ulaşması için ve çikolatada istenilen kalite özelliklerinin elde edilmesi için gerekli çok önemli bir aşamadır. Temperleme, kakao yağının veya kakao yağı muadillerinin istenilen forma kristalizasyonunu sağlar (Beckett 2010). Temperleme, düşük miktardaki (toplamda % 1-3) trigliseritlerin ön kristalizasyonunu içerir. Kristalize olmuş bu kısım kalan yağın istenilen kristal formuna dönüşmesini sağlar (Afoakwa ve ark. 2007). Şekil 2.11'den de görüleceği gibi, temperleme prosesi 4 ana basamaktan oluşur. Birinci aşamada ürün 50 °C'ye kadar ısıtılarak çikolatanın erimesi gerçekleştirilir, ikinci ve üçüncü aşamalarda kristalizasyon sıcaklığı olan 32 °C ve 27 °C'ye soğutma ile kristalizasyon gerçekleştirilir. Son aşamada ise 29-31 °C'de stabil olmayan kristallerin dönüşümü gerçekleşir (Talbot 1999). Temperleme prosesi, ürün formülasyonunun, cihazın ve son amacın fonksiyonudur (Afoakwa ve ark. 2007). Temperleme prosesinde uygulanan sıcaklık ve zaman kombinasyonu oldukça önemlidir (Afoakwa ve ark. 2007).



Şekil 2.11. Çikolatada yağ kristalizasyonuna ait temperleme prosesinin basamakları (Talbot 2014)

Kakao yağı, proses şartlarına, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak 6 farklı poliforma (I-VI; α , β , β') kristalize olabilir (Loisel ve ark. 1998, Beckett 2000). Form V (β formu) çikolata ürünleri için en istenilen formdur ve uygun şekilde temperlenen çikolatada parlak görünüm, istenilen tekstür ve yağ kusmasına karşı direnç sağlar (Beckett 1999). Temperleme prosesi, yağın erime noktasını da önemli derecede etkilemektedir. Farklı kristalize formlarının erime noktaları Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Kakao yağı poliformlarının erime noktası ve stabiliteleri (Beckett 2008)

Eğer çikolata yeterince temperlenmemişse β form IV kristal yapısı gözlemlenir ve bu yapı çok hızlı bir şekilde form V’e dönüşür (Afoakwa 2010). Bu şekilde yeteri derecede temperlenmemiş çikolatalarda görüntü açısından kusurlar, düzensiz kristal büyümeleri (Hartel, 2001), yağ kusması ve yüksek viskoziteden dolayı ürünün işlenebilirliği açısından problemler

görülmektedir. Temperlenmemiş çikolata yumuşak olur ve kalıptan çıkarma işleminde zorluklar yaşanır (Afoakwa ve ark. 2007). Form VI kristalinin oluşumu son derece zordur. Eğer depolama süresince oluşursa çikolatalarda yağ kusmasına yol açar (Afoakwa 2010). Ayrıca, form VI yapısında kristal boyutları tüketim sırasında dil tarafından algılanabilecek derecede büyüktür (Afoakwa 2010).

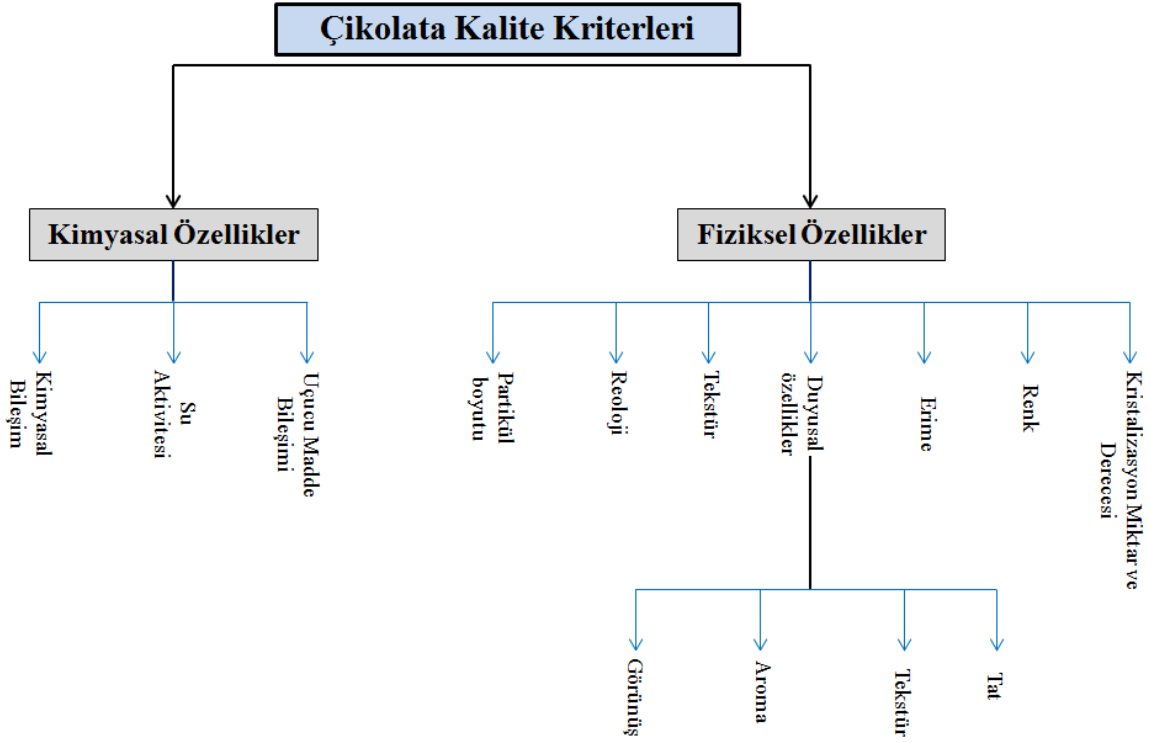
Yeterli derecede temperlenmiş çikolata aşağıdaki özelliklere sahiptir (Afoakwa ve ark. 2007):

- Güzel şekil ve renk,
- Parlak görünüm,
- Kalıptan kolay çıkma,
- Daha rahat ağırlık kontrolü,
- Stabil ürün,
- Erimeye karşı yüksek direnç ve
- Uzun raf ömrü

Görüldüğü gibi çikolatada temperleme prosesi son ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir. Temperlenme derecesi tempermetre denilen cihazlarla ölçülür. Bu cihazlar, soğuma eğrisinden elde edilen temper eğiminin hesaplanmasına bağlı olarak çalışır (Afoakwa 2010). Temperleme değeri 1-3 CTU (chocolate temper unit) arasında olan çikolatalar yeterli derecede temperlenmemişken, 4-7 CTU arasında olanlar iyi temperlenmiş ve 7 CTU üstü olanlar ise fazla temperlenmiş çikolata olarak adlandırılmaktadır (Afoakwa 2010).

2.4.5. Çikolata ve ürünlerinin kalite parametreleri

Çikolata ve ürünlerine ait kalite parametreleri kimyasal ve fiziksel özellikler olarak ikiye ayrılır (Şekil 2.13). Şekilden de görüldüğü gibi kimyasal özellikler 3, fiziksel özellikler de 6 ayrı grupta incelenebilir.



Şekil 2.13. Çikolata ve ürünleri kalite parametreleri

2.4.5.1. Kimyasal özellikler

Çikolata ve ürünlerinde kalite parametreleri arasında yer alan kimyasal özellikleri, kimyasal bileşim, su aktivitesi ve uçucu madde bileşimi olmak üzere üç sınıfta inceleyebiliriz.

2.4.5.1.1. Kimyasal bileşim

Çikolata ve ürünlerinin kimyasal bileşimi ülkelere ve ürün çeşidine bağlı olarak değişim göstermektedir. Herbir ülke kendi yöresi için çikolata ve ürünlerine yönelik standartlar belirleyerek bu standartların dışına çıkılmasına müsaade edilmez. Çizelge 2.1’de farklı çikolata ürünleri için Türk Standartlar Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen kimyasal bileşim limitleri verilmiştir. Formülasyonda bulunan bileşenlerin kalite parametrelerine etkileri, ilerleyen bölümlerde anlatılacağı için bu bölümde bu konu üzerinde durulmamıştır.

2.4.5.1.2. Su aktivitesi

Su aktivitesi (a_w), gıda materyalinde bulunan suyun yapıya ne şekilde bağlı olduğunu yani suyun kimyasal ve enzimatik reaksiyonlarda veya mikrobiyolojik faaliyetlerde kullanılabilme durumunu ifade eden bir terimdir. Bu nedenle her gıda ürününde olduğu gibi

çikolatanın su aktivitesi de, çikolata ve ürünlerinin mikrobiyal açıdan güvenliğinde dikkate alınması gereken bir parametredir. Çikolata ve ürünlerinin su aktivitesinin (a_w) 0,5 ve 0,6 arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Us 2007). Bu düşük değer, çikolata ve ürünlerinin patojen bakterilerin gelişmesi ve çoğalması açısından uygun bir ortam olmadığını göstermektedir.

Çikolata ve ürünlerinde su aktivitesi, mikrobiyal kalite açısından önemli olduğu gibi su ve yağ fazının migrasyonunda da itici güç olmasından dolayı çikolata kalitesini belirleyen faktörler arasında yer almaktadır (Beckett 2008). Su fazının çikolata içerisinde migrasyonundan dolayı hareket ettiği bölgede bozuk tad oluşumu ve tekstürde bozulmalar görülmektedir (Beckett 2008). Bu durumlar da çikolata kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

2.4.5.1.3. Uçucu madde bileşimi

Çikolatanın dünya genelinde her yaş insan tarafından sevilerek tüketilmesini sağlayan en önemli faktörlerden birisi çikolatanın kendine has tad ve aromasıdır. Çikolatada bu tad ve aromayı sağlayan çok farklı uçucu bileşenler bulunmaktadır. Çikolataya aroma kazandıran en önemli bileşen olan kakaonun aromasını;

- Kakao tohumunun genotipi (her genotipin kendine özgü aroması vardır) (Clapperton ve ark. 1994),
- Kakao tohumunun yetiştirme koşulları (Jinap ve ark. 1995),
- Kakao çekirdeklerinin hasat sonrası fermentasyonu,
- Kakao çekirdeklerinin kurutulma koşulları ve
- Ham kakaonun fırınlanması (Beckett 2008)

belirlemektedir. Ayrıca yukarıdaki parametrelere ek olarak, çikolata üretiminde uygulanan konçlama işlemi de son ürün aromasını etkileyen önemli faktörlerdendir (Afoakwa ve ark. 2008, Owusu ve ark. 2011).

Çikolata ve ürünlerinde 600'den fazla uçucu bileşen tespit edilmiştir. Bu uçucu bileşenler genel olarak aldehitlerden, pirazinlerden, asitlerden, alkollerden, esterlerden, ketonlardan, furanlardan, pirollerden, fenollerden, terpenlerden ve terpen alkollerden oluşmaktadır (Counet ve Callemien 2002, Ziegleder 2009). Temel aroma bileşenleri ürün çeşidine bağlı olarak değişiklik gösterir. Schnermann ve Schieberle (1997) sütlü çikolata için

3-metilbutanal, 2-etil-3,5-dimetilpirazin, 1-octen-3-one, 2-etil-3,6-dimetil pirazin, 2,3-dietil-5-metilpirazin, (Z)-2-nonenal, 2-metil-3-(metilditio)furan, (E,E)-2,4-nonadienal, (E,E)-2,4-dekadienal ve R- δ -dekalakton uçucu bileşenlerini temel aroma verici maddeler olarak belirtmişlerdir.

2.4.5.2. Fiziksel özellikler

Şekil 2.13'den görüldüğü gibi, çikolata kalite parametrelerinden olan fiziksel özellikler partikül boyutu, reoloji, tekstür, duyuşal özellikler, erime, renk ve kristalizasyon miktarı ve derecesi gibi farklı alt kategorileri içermektedir.

2.4.5.2.1. Partikül boyutu

Çikolata partiküllerinin boyutu, çikolatanın birçok kalite parametresini etkileyen en önemli faktörlerdendir. İnceltme prosesinde de açıklandığı gibi, çikolata çeşidine ve çikolatanın tüketildiği bölgeye bağlı olmakla birlikte genel olarak çikolatada 30 μm 'nin altında partikül boyutu istenir. Bu değerin üzerinde olan kaba partiküller, çikolatada kumlu ve pürüzlü bir yapıya neden olarak (Do ve ark. 2007) çikolatanın tekstürel ve duyuşal özelliklerini olumsuz biçimde etkiler. Ayrıca kumlu yapı ürünün yutulmasında zorlanmaya ve erime problemlerine de neden olmaktadır (Do ve ark. 2007). Partikül boyut analizi ile çeşitli parametrelerle ilgili veriler elde edilir. Bunlardan en önemlisi spesifik yüzey alanı ve ortalama partikül boyutudur. Partikül boyut dağılımı örneklerin reolojisini etkilerken, spesifik yüzey alanı tekstürü ve ortalama partikül boyutu ise akma basıncını (yield stress), ürünün sürülebilirliğini ve sertliğini etkilemektedir (Chavelley 1999, Beckett 2000, Afoakwa ve ark. 2009). Bunlara ilave olarak partikül boyut dağılımı ürünün mikroyapısal özelliklerini de önemli derecede etkilemektedir (Afoakwa ve ark. 2008b). Büyük partiküller ağız hissini etkilerken, küçük partiküller çikolatanın akış davranışını belirleyen faktörlerdendir (Beckett 2000). Küçük partikül boyutu ürünün duyuşal özelliklerini geliştirmektedir (Ziegler ve ark. 2001). Çikolata ve ürünlerinde partikül boyutunun optimize edilmesi, viskozitenin modifiye edilmesi için kullanılan kakao yağı veya yüzey aktif maddeler (soya lesitini, PGPR) gibi pahalı bileşenlere gereksinimi azaltırken proses kontrolünün gelişmesine sebep olur (Afoakwa ve ark. 2008b).

Farklı partikül boyutuna sahip bitter çikolata örneklerinin erime profilinin araştırıldığı bir çalışmada, partikül boyutu 18 μm olan örneklerin erime başlangıç (T_{ilk}) ve bitiş (T_{son}) değerleri sırasıyla 26,2 °C ve 32,5 °C bulunmuşken, 35 μm D₉₀ (partiküllerin % 90'ının küçük

olduğu çap değeri) değerine sahip örneklerde bu değerler 26,3 ve 32,6 °C olarak belirlenmiştir (Afoakwa ve ark. 2008d). Bu çalışmada çikolatanın erime profilinin az da olsa partikül boyutundan etkilendiği tespit edilmiştir. Glicerina ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada, ise çikolata üretim proseslerin bitter çikolatanın kalite parametreleri üzerine etkisini araştırmışlardır. İnceltme işlemi öncesi 16,49 Pa.sⁿ kıvam katsayısı ve 84,50 Pa akma basıncına sahip olan örneklerin bu değerleri, inceltme işlemi sonrası 96,51 Pa.sⁿ ve 358.67 Pa değerlerine, ürünün sertliği de 54,90 N'dan 378,82 N'a yükselmiştir. Görüldüğü gibi çikolata örneklerinin partikül boyutu çikolatanın birçok kalite parametresini önemli derecede etkilemektedir. Bundan dolayı çikolata üretiminde partikül boyut optimizasyonu ürün kalitesi açısından çok önemlidir.

2.4.5.2.2. Reoloji

Bilindiği gibi reoloji materyalin maruz kaldığı kuvvete karşı oluşan akış ve deformasyon davranışını ölçen bilim dalıdır (Macosko 1994). Reoloji bilimi; gıda kabul edilebilirliği, gıda işleme ve gıda muhafazasında birçok uygulamaya sahiptir (Barbosa-Cánovas ve ark. 1996). Reoloji, gıda proseslerinde önemli olduğu gibi günlük yaşantımızda da birçok olayda karşımıza çıkmaktadır. Mesela ekmeğin üzerine tereyağı, çikolata sürerken ve şişeden süt, meyve suyu dökerken de uygulanan prosesler akış ve deformasyon içermektedir (Zhong ve Daubert 2013). Ayrıca bir gıda materyalini ısıtırken, çiğnerken ve yutarken de materyale deformasyon uygulanmaktadır (Zhong ve Daubert 2013). Gıda prosesi bakımından ele alındığında ise reolojik özellikler ısıtma, karıştırma, pompalama, filtreleme, taşıma, depozitleme ve şişeleme gibi prosesler açısından da önemlidir (Yanniotis ve ark. 2006). Çikolata ürünü üzerinden düşünüldüğünde ise karıştırma, pompalama, taşıma, kalıplama ve kaplama işlemlerinde ürünün reolojik özellikleri oldukça önemlidir (Servais ve ark. 2002). Eriyik çikolatanın viskozitesi de temperleme, kalıplama ve kaplama proseslerinde kullanılabilir kadar düşük olmalıdır (Do ve ark. 2007). Eğer kaplamada kullanılan çikolatanın viskozitesi çok düşük olursa kaplanacak materyal olan şekerlemeye göre kaplamanın ağırlığı çok düşük olur (Gonçalves ve Lannes 2010). Eğer çikolatanın viskozitesi yüksek olursa üründen hava çıkışı zorlaşır ve bu da üründe istenmeyen tekstürel ve duyuşal özelliklerin görülmesine neden olur (Gonçalves ve Lannes 2010). Ayrıca çikolatanın reolojik özellikleri son ürün kalitesi ve duyuşal özellikleri açısından çok önemlidir (Ahmed ve Ramaswamy 2006). Genel olarak çikolata ve ürünlerinin akış davranışını iki temel faktör etkilemektedir (Vavreck 2004, Schantz ve Rohm 2005, Afoakwa ve ark. 2009):

- Formülasyon: Yağ konsantrasyonu, yağ çeşidi, emülsifiyer konsantrasyonu, partikül boyut dağılımı
- Proses: İnceltme, konçlama ve temperleme

Çikolata örneklerinin reolojik davranışını en iyi açıklayan modelin Casson model olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Wichchukit ve ark. 2004, Efraim ve ark. 2011, Glicerina ve ark. 2015a, Laličić-Petronijeve ve ark., 2015, Laličić-Petronijeve ve ark. 2015). Bu model iki parametreden oluşmaktadır: akma basıncı (örneğin akabilmesi için gerekli kuvvet) ve plastik viskozite (örneğin hareketini sürdürebilmesi için gerekli enerji)'dir. Plastik viskozite ürünün pompalanabilirliğini, dolumunu, kaplamasını ve duyuşsal özelliklerini belirleyen faktördür (Gonçalves ve da Silva Lannes 2010). Ayrıca Bingham ve Herschel Bulkey modellerinin de eriyik çikolataların akış davranışını en iyi tanımladığını belirten çalışmalar bulunmaktadır (Sokmen ve Gunes 2006).

Yukarıda belirtildiği gibi çikolata formülasyonu ve uygulanan proses ürünün reolojik özelliklerini önemli şekilde etkileyen iki önemli kriterdir. Çikolata formülasyonunda % 32'den fazla yağ olduğu durumda % 1'lik bir yağ artışı vikožitede çok az bir değişime neden olurken, % 28'e kadar yağ içeren örneklerde %1'lik bir artış bile viskozitede çok önemli değişikliklere yol açmaktadır (Afoakwa ve ark. 2007). Ürün formülasyonunda yüksek miktarda yağ bulunursa, bu fazla yağ matriksin ıslanmasına neden olur ve partiküller arasındaki boşlukların yağ ile dolmasıyla akışa karşı olan direnç azalır (Afoakwa ve ark. 2008b). Yağın plastik viskozite üzerine etkisi akma basıncına kıyasla daha fazladır (Afoakwa ve ark. 2007). Serbest gezen yağ moleküllerine ilave olarak ekstra yağların eklenmesi partiküllerin birbirlerini geçmesi sırasında kolaylık sağlar (Beckett 2000). Formülasyonda bulunan yağın büyük bir kısmı ıslatan yağdır ve bu yağ diğer partiküllere bağlanarak kayganlık etkisi yapar bu durumda da ürünün plastik viskozitesi azalır (Afoakwa ve ark. 2007). Akma basıncı ise daha çok katı partiküllerin arasındaki kuvvetlerle ilgilidir. Bu partiküller birbirlerine belli aralıkta bağlandığından yağ eklenmesinde bu parametre daha az etkilenmektedir (Afoakwa ve ark. 2007). Sütü çikolatada bulunan süt bazı proteinlerden kazein ise emülsifiye edici özelliğinden dolayı viskozitenin azalmasına neden olurken peyniraltı suyu proteini ise viskoziteyi artırır (Haylock ve Dodds 1999).

Çikolata bileşimine ilave olarak üretimde uygulanan proseler de ürün reolojisine etki etmektedir. Özellikle uygulanan inceltme işlemi çikolatanın reolojik özelliklerini belirleyen en

önemli faktörlerdendir. Genel olarak, gıda materyallerinde partikül boyutu büyüdükçe büyük partiküllerin hareketinin zor olması varsayımıyla örneklerin kıvamında azalma gözlemlenirken, çikolata ve benzeri ürünlerde tersi bir durum söz konusudur. Büyük partiküller arasında sınırlı sayıda olan temas noktası partiküller küçüldükçe artarak daha sıkı bir yapının oluşmasına neden olur (Beckett 2008). Oluşan bu yapı, çikolata ürünlerinde akma, basınç ve plastik viskozite değerlerinde artışa yol açar (Chevalley 1991). Bunlara ilave olarak, inceltme işlemi sırasında yapıda oluşan kümeleşme de reolojik parametrelerde artışa neden olur (Glicerina ve ark. 2013). Konçlama aşamasında çikolata kütlelerinden bir miktar suyun uzaklaşmasında çikolata reolojisinde değişime neden olur.

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı gibi, çikolata kalitesi için önemli bir parametre olan reolojik özellikler ürün formülasyonundan ve üretim prosesinden önemli derecede etkilenmektedir. Bundan dolayı formülasyon ve prosesin çikolatanın reolojik özelliklerini göz önünde bulundurularak optimize edilmesi gerekmektedir.

2.4.5.2.3. Tekstür

Reolojik özellikler gibi çikolata örneklerinin tekstürü de ürün kalitesi açısından önemlidir. İstenen kalitede çikolatada, güzel bir kırılma ve parlak bir görüntü yanında, istenen lezzetin hissedilmesi için çikolatanın ağızda kolayca erimesi de arzu edilir (Afoakwa 2010). Çikolata örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi için genel olarak penetrasyon testi uygulanır ve bu test sonucunda örneklere ait sertlik değeri elde edilir. Çikolataların sertliğini genel olarak yağ içeriği, partikül boyutu ve kristalizasyon etkilemektedir (Do ve ark. 2007). Çikolata örneklerinde katı yağ oranı arttıkça ürünün tekstürü artış göstermektedir (Full ve ark. 1996). Full ve ark. (1996) kakao yağına süt yağı ilavesi ile katı yağ oranının azaldığını ve böylece çikolatanın yapısının yumuşadığını belirlemişlerdir. Tersine, stearik asit bakımından zengin olan kokum yağı ilavesi ile ürünün sertliği katı yağ oranına bağlı olarak artış göstermiştir (Maheshwari ve Yella Reddy 2005). Partikül boyut parametrelerinden D50 ile çikolatanın sertliği arasında direk bir korelasyon belirlenmiştir (Belščak-Cvitanović ve ark. 2015). Üründeki kristal sayısının, şeklinin, polimorfik stabilitenin ve ağ yapı düzeninin ürünün tekstürel ve reolojik özelliklerini belirleyen faktörler arasında olduğu ifade edilmiştir (Afoakwa ve ark. 2008d).

2.4.5.2.4. Duyusal özellikler

Bütün gıda ürünlerinde olduğu gibi çikolatada da kaliteyi belirleyen en önemli faktörlerden birisi duysal özelliklerdir. Duyusal özellik bilindiği gibi eğitilmiş bir panelistin duyu organları ile örnek hakkında değerlendirme yapmasına dayanmaktadır. Çikolatada da duysal analiz denilince akla ilk olarak görünüş, tad, ağız hissi, aroma ve tadım sonrası bıraktığı his parametreleri gelmektedir (Afoakwa 2010). Çikolatada ağız hissini etkileyen en önemli parametrenin kakao yağı olduğu (Afoakwa ve ark. 2008d), üretimde uygulanan inceltme işleminin ise partikül boyutunu ve buna bağlı olarak ürünün tekstürünü etkilediği belirtilmiştir. Duyusal değerlendirmede beğenme ve beğenmemeye dayanan fikirler daha çok öznel bir yaklaşım olarak kabul edilirken, skora dayanan ve eğitilmiş panelistler tarafından gerçekleştirilen analizler daha nesnel olarak kabul edilirler (Afoakwa 2010). Çikolatada parlak bir görünüş, kırıldığında kopma, ağızda eridiğinde ise yumuşak bir yapı arzu edilir (Stortz ve Marangoni 2011). Arzu edilen bu özelliklere sahip çikolata elde edebilmek için çikolatanın yeterli derecede temperlenmesi gerekmektedir (Seguine 1991, Talbot 1999, Beckett 2000, Timms 2003). Aksi halde yeterli derecede temperlenmeyen çikolatada depolama sırasında beyaz ve gri yüzeyler gözlemlenir ve bu durumda da duysal özellikler olumsuz etkilenmektedir (Afoakwa ve ark. 2008d). Duyusal analizler, ürün kalitesinin rutin kontrolü amacıyla gerçekleştirildiği gibi özellikle de ürün geliştirme çalışmalarında olmazsa olmaz analizlerin başında gelmektedir.

2.4.5.2.5. Erime profili

Çikolatanın erime özellikleri ürün kalitesi açısından oldukça önemli parametreler arasında yer almaktadır. Çeşide bağlı olarak çikolatanın ana yağ bileşeni olan kakao yağı eğer kristalleri stabil V formunda olursa yaklaşık olarak 33,8 °C’de erir (DeMan 1999). Dolayısıyla çikolatada kullanılan yağın bileşimi ve kristal formu çikolatanın erimesini belirleyen temel faktörlerdendir. Çikolatanın erime profili genel olarak DSC cihazı ile belirlenir. Analiz sonucunda yaygın olarak kristallerin erimeye başladığı sıcaklık (T_{ilk}), erimenin en hızlı olduğu sıcaklık (T_{pik}), ürünün tamamen sıvı hale geçtiği sıcaklık (T_{son}) ve erime için gerekli ısı miktarına yönelik parametreler elde edilir (Afoakwa ve ark. 2008d). Elde edilen tüm bu parametrelerin ürün kompozisyonuna ve kristal formuna bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir (McFarlane 1999). Çikolatadaki yağ miktarının, kristalliği ve kristal boyut dağılımını etkilediği tespit edilmiştir (Afoakwa ve ark. 2008d). Lonchamp ve Hartel (2004) yağ miktarı ve yağ bileşiminin kristal boyutu, polimorfik yapı ve kristalizasyon hızını önemli derecede etkilediğini

belirtmişlerdir. Tüm bu faktörler de temperleme prosesinin çikolata ve ürünleri için önemini vurgulamaktadır. Ayrıca inceltme işleminde oluşan yapının veya kümeleşmenin de örneklerin erimeye karşı direncini artırdığı vurgulanmıştır (Glicerina ve ark. 2013). Belitilen bu çalışmada, inceltme işlemi uygulanmamış örneklerde erime 24,32 °C’de başlamışken, inceltme işlemi uygulanmış örneklerde 30,54 °C’ye yükselmiştir. Erime başlangıç sıcaklığı kadar çok net olmasada, erimenin tamamlandığı sıcaklık da inceltme işleminden etkilenmiş olup inceltme işlemi ile erime sıcaklığı 34,01 °C’den 37,22 °C’ye yükselmiştir (Glicerina ve ark. 2013).

Ilık tropik bölgelerde ortam sıcaklığının yüksek olmasından dolayı çikolata ve benzeri ürünlerde erime problemi görülmektedir (Stortz ve Marangoni 2011). Çikolata ve ürünlerinin yaklaşık 35-37 °C’de eridiği düşünüldüğünde, dış ortam sıcaklığının bu değerlere ulaştığı veya yaklaştığı bölgelerde erime problemi görülmektedir (Stortz ve Marangoni 2013). Bundan dolayı da özellikle sıcak bölgeler için ısıya dirençli çikolatalar üretilmektedir. Bu tür çikolataları üretebilmek için üç farklı yola başvurulmaktadır (Stortz ve Marangoni 2013):

- Ağ mikroyapısının geliştirilmesi,
- Yağ bağlayıcı polimerlerin ilavesi,
- Yağ fazının erime noktasının yükseltilmesi

Bu yollar ile ısıya dirençli çikolata formülasyonu geliştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir.

2.4.5.2.6. Renk

Çikolata ve örneklerinin görünüşünü etkilemesinden dolayı renk parametreleri, ürün albenisini belirleyen en önemli parametrelerdendir. Çikolata ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, renk parametrelerinden parlaklığı ifade eden L^* değeri, renk doygunluğunu ifade eden C^* (kroma) değeri ve renk açısını temsil eden h^* değerinin dikkate alındığı görülmektedir. Renk parametrelerinin, partikül dağılımı ve bu partiküllerin soğurma katsayısı ile korele olduğu belirtilmiştir (Afoakwa 2010). C^* ve h^* değerleri, örneklerin partikül boyutunun ve örneklerde bulunan yağ miktarının artması ile artarken, L^* değerinin yağ miktarına bağlı olarak partikül boyutundaki artış ile azaldığı belirtilmiştir (Afoakwa 2010). Afoakwa (2010) gerçekleştirdikleri bir çalışmada, yağ miktarının artması ile C^* ve h^* değerlerinin azaldığını ve lesitin miktarının renk parametreleri üzerindeki etkisinin önemsiz olduğunu belirtmiştir. Farklı partikül boyut dağılımına sahip çikolata örneklerinin partikül ve

yapısal düzenlemelerinin farklı olmasından dolayı, bu örneklerin ışık saçılım katsayısı ve dolayısıyla da ürünlerin görünümü değişiklik göstermektedir (Afoakwa 2010). İnce boyuta sahip çikolata kaplama örnekleri, bir önceki bölümde belirtildiği gibi daha büyük yüzey alanına, düşük partikül çapına ve partiküller arası daha fazla etkileşime sahip olmaları, bu örneklerin daha yoğun olmasına, daha fazla ışığı saçabilmesine, daha parlak ve daha doygun görünmesine neden olmaktadır (Afoakwa 2010). Yağ miktarına ilave olarak, formülasyonda kullanılan yağın içeriği de son ürünün renk özelliklerini etkilemektedir. Yüksek ve düşük erime sıcaklığına sahip trigliseritlerin uzaklaştırılmasıyla elde edilen yapılandırılmış yağların kullanılmasıyla üretilen çikolata kaplama örneklerinin daha parlak bir görünüme sahip olduğu belirtilmiştir. Buna karşılık, C₁₈(stearik) yağ asidi içeriği yüksek olanağların kullanıldığı ürünlerin parlaklığının çok kısa sürede kaybolduğu gözlemlenmiştir (Padley 1997). Bu problem, C₁₈ içeriği fazla yağlara palm olein yağı ilave edilerek C₁₆ (palmitik) yağ asidi içeriğinin artırılmasıyla ortadan kaldırılmıştır.

2.4.5.2.7. Kristalizasyon derecesi ve kristal miktarı

Temperleme kısmında belirtildiği gibi, kristalizasyon istenen kalitede çikolata elde edebilmek için çok önemli bir olaydır. Çikolata üretimi sırasında ürün bileşimi ile kakao yağının kristalizasyonu ürün kalitesi üzerinde oldukça önemlidir (Fernandes ve ark. 2013). Kristalizasyonun erimey, tekstür ve renk üzerindeki etkisinden önceki kısımlarda bahsedilmiştir. Kristalizasyon prosesi trigliseritlerin özel bir poliformik yapıya kristalize olmasını, bu kristallerin kümelenmesini ve üç boyutlu ağ yapı oluşana kadar bu kristallerin birleşmesini içerir (Narine ve Marangoni 1999a). Yağın kristalizasyonu çok kompleks bir olaydır ve çikolatanın mikroyapısal ve fiziksel özelliklerini belirleyen proses şartlarından önemli derecede etkilenir (Campos ve ark. 2002, Bell ve ark. 2007, Himawan ve ark. 2006). Çikolata gibi yağ bazlı ürünlerin sürülebilirliği, ağız hissi ve tekstür gibi duyuşal ve mekanik özellikleri yağ kristal ağının oluşturduğu yapıya bağlıdır (Narine ve Marangoni 1999b, Marangoni ve Narine 2002). Bundan dolayı oluşan kristal boyutu, şekli, dizilimi, karışık kristal oluşturma kabiliyeti ve kristallerin ağ yapısına katılabilme kabiliyeti son ürün tekstürünü etkileyen kristalizasyon ile alakalı önemli faktörlerdendir (Opfer 1975).

2.4.5.3. Çikolata ve ürünlerinde gözlemlenen kalite problemleri

Çikolata ve ürünlerinde gözlemlenen kalite problemlerini genel olarak yağ kusması ve şeker kusması problemleri olarak sınıflandırabiliriz.

2.4.5.3.1. Yağ kusması

Çikolata ürünlerinin raf ömrü ile ilgili temel kalite problemi yağ kusmasının oluşumudur (Frazier ve Hartel 2012). Yağ kusması oluşmuş çikolata çekici olmayan, körelmiş ve beyazımsı bir görünüme sahiptir (Resim 2.1) (Frazier ve Hartel 2012). Yağ kusmasının birincil sebebi çikolata yüzeyinde daha önceden oluşmuş yağ kristallerinin büyümesidir (Jewell 1972, Aguilera ve ark. 2004, Lonchamp ve Hartel 2004). Fakat bu kristallerin nasıl büyüdüğü ve yağ kusmasının neden ürün yüzeyinin spesifik bölgelerinde olduğu çok net şekilde bilinmemektedir (Sonwai ve Rousseau 2010). Bir başka çalışmada yağ kusmasının, önceden oluşan yağ kristallerinin daha büyük yağ kusmasına sebep olan kristaller için kalıp vazifesi gördüğü ve amorf yapının zamanla katılarak daha sonraki kristal büyümesi için çekirdek vazifesi gördüğü belirtilmiştir (Sonwai ve Rousseau 2008). Yağ kusmasını, uygun olmayan veya dalgalanan depolama sıcaklığı, dolgu yapılan materyalden yağ geçişi ve yetersiz temperleme tetikler (Frazier ve Hartel 2012). Genel olarak yağ kusması aşağıdaki faktörlerden kaynaklanır (Afoakwa 2010):

- Temperleme sırasında yetersiz kristalizasyon,
- Uygun olmayan temperleme sonucunda tekrar kristalleşme,
- Çikolata ve kaplamalardaki homojensizlik,
- Çikolata yüzeyi ve merkezindeki sıcaklık farkı,
- Uygun olmayan soğutma şartları,
- Yağ migrasyonu,
- Dokunma (dokunma kusması olarak da bilinir)
- Uygun olmayan depolama şartları (nem ve sıcaklık)

Çikolatada yağ kusmasını engelleyen en önemli yol, uygun temperleme ve depolama şartlarıdır (Frazier ve Hartel 2012). Süt yağı ilavesinin de yağ kusmasını azalttığı belirtilmiştir (Sonwai ve Rousseau 2010).

2.4.5.3.2. Şeker kusması

Şeker kusması da yağ kusmasına benzer fakat şeker kristallerinin neden olduğu bir kalite bozukluğudur (Afoakwa 2010). Şeker kusması da yüksek nem gibi uygun olmayan koşullarda depolamadan veya ürünün düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklıktaki ortama hızlı taşınmasından



Resim 2.1. Çikolata örneklerinde yağ kusması

kaynaklanır (Afoakwa 2010). Her iki olay da, şekerin serbest kalarak su tarafından çözülmesine neden olur (Afoakwa 2010). Yüzey suyunun buharlaşması ile de yüzeyde şeker kristalleri kalarak beyaz bir görünüme yol açar (Afoakwa 2010). Yağ kusması ile şeker kusmasını birbirinden ayırt etmek çok zordur. Bunun için mikroskop görüntüsü gerekebilir veya çikolatayı 38 °C civarına ısıtmak gerekebilir (Afoakwa 2010). Bu sıcaklıkta yağ kusması kaybolurken şeker kusmasında herhangi bir değişme olmaz (Afoakwa 2010).

2.5. Çikolata ve Sağlık

Günümüz insanların sağlıklı diyet arasındaki ilişkiyi çok net bir şekilde anlaması, tüketim alışkanlıklarında değişime neden olmaktadır. İnsanlar, son zamanlarda tükettikleri gıdanın sağlıklı olmasına da dikkat etmektedirler. Bu nedenle gıdaların sağlık üzerindeki etkilerinden bahsetmek önemlidir. Tad ve fiyattan sonra ürünün tüketim eğilimini belirleyen en önemli faktör-sağlıklı olmasıdır (Harwood 2013).

Bilindiği gibi çikolata içerdiği kakao, yağ, şeker, mineral ve proteinler açısından besleyici bir gıdadır. Bu bileşenler sayesinde insanın günlük enerji ihtiyacı çikolata ile çok hızlı bir şekilde karşılanabilir (Laličić-Petronijević ve ark. 2015). Özellikle de kakaonun yapısında bulunan fenolik bileşikler ürünün fonksiyonelliği konusunda dikkat çekmektedir. Çikolatanın sadece bir şekerleme olmadığı, 17. ve 18. yüzyıllarda Avrupa’da insanların soğuk algınlığı, öksürük, sindirim rahatsızlıkları, doğurkanlık problemleri, zihinsel rahatsızlıklar ve depresyon gibi rahatsızlıklar için ilaç olarak çikolata tükettikleri belirtilmektedir (Dillinger ve

ark. 2000, Jalil ve Ismail 2008). Kakao flavonoidler açısından özellikle de epikateşin, kateşin ve bunların oligomerik ve polimerik formlarını içeren flavan-3-oller bakımından zengindir (Di Mattia ve ark. 2014). Bu bileşenlerin kalp damar hastalıkları (Murphy ve ark. 2003, Scroeter ve ark. 2006), kan basıncı (Flammer ve ark. 2007, Taubert ve ark. 2007), şeker hastalığı, LDL ve HDL kolesterol üzerinde (Baba ve ark. 2007) faydalı etkilerinin bulunduğu çeşitli çalışmalar ile tespit edilmiştir. Kakaoda fenolik maddelere ilave olarak suda ve yağda çözünen vitaminler, enzimler, streoller, fosfolipitler, diyet lifleri, mineraller (K, Mg, Cu, Fe, P), ksantinler (kafein ve teobromin) gibi vücutta farklı aktivitelere sahip olan biyolojik olarak aktif bileşenleri içermektedir (Gray 2001). Kakaoda bulunan metilksantinlerin zihinsel performansa (Smit ve ark. 2004), daha enerjik hissetmeye, motivasyonun ve uyanıklığın artmasına neden olacağı belirtilmiştir (Todorovic ve ark. 2015). Çikolatanın bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve Amerikalıların %35'inin çikolatayı bu yüzden günlük hayatta tükettikleri tespit edilmiştir (Saka 2011). Çikolatanın probiyotik suşların taşınması açısından da çok önemli bir gıda materyali olduğu çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir (Laličić-Petronijević ve ark. 2015; Yonejima ve ark. 2015). Çikolatanın, probiyotik bakterinin mide ve ince bağırsaktan geçerken ortam şartlarından korunması için iyi bir matriks olduğu belirtilmiştir (Lahtinen ve ark. 2007; Possemiers ve ark. 2010).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tez çalışması 3 ayrı aşamadan oluşmuştur:

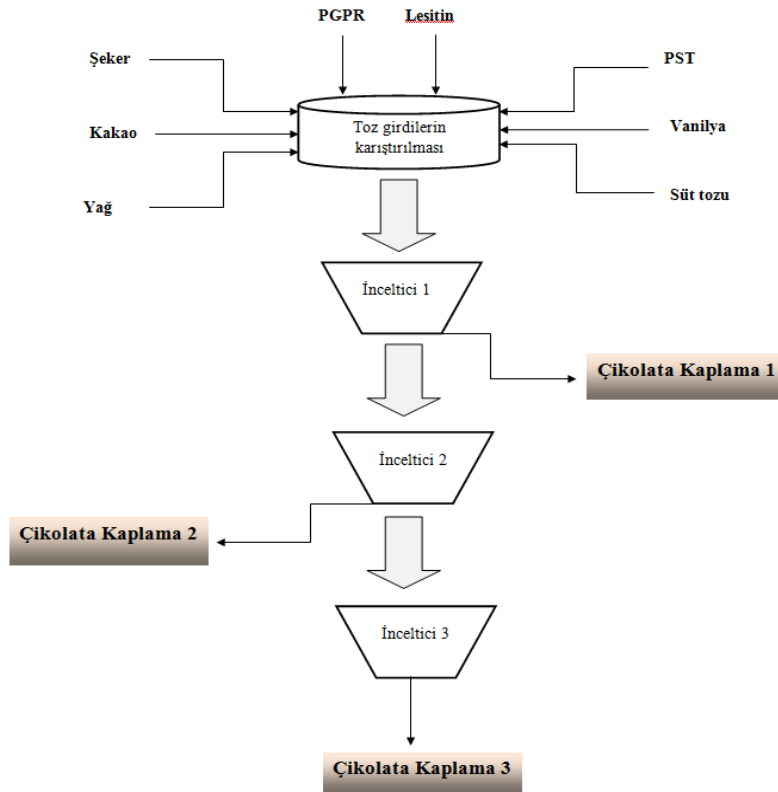
Birinci Aşama: Çikolata kaplama örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine farklı inceltme derecesinin etkisinin araştırılması,

İkinci Aşama: Çikolata sektöründe laboratuvar ölçekli üretimlerde kullanılan bilyalı öğütücülerle üretilen çikolata kaplama örneklerinin fiziksel özellikleri üzerine öğütücü devir hızı ve üretim süresinin etkisinin araştırılması,

Üçüncü Aşama: Farklı yağların (palm olein, palm çekirdeği, tereyağı, fındık, pamuk, kanola, soya, ayçiçeği, mısır ve hindistan cevizi) ürün yağ miktarı bazında farklı konsantrasyonlarının (% 2,5, 5,0, 7,5 ve 10) palm stearin yağı ile kullanımının çikolata kaplamasının reolojik, tekstürel, erime profili ve renk özellikleri üzerine etkisinin araştırılması

3.1. Materyal

Tez çalışmasının birinci aşamasında analiz edilen çikolata kaplamaları, Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş.'nin fabrika kısmındaki ticari üretimden temin edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Fabrika üretiminden temin edilen çikolata kaplama örneklerinin alındığı kısımlar

Çikolata kaplamaları üretiminde kullanılan 3 farklı refiner (inceltici) dan çıkan örnekler (Şekil 3.1) alınarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir. Üretimde kullanılan birinci incelticinin bilya çapları 9,525 mm ve toplam bilya ağırlığı 1500 kg'dır. İkinci ve üçüncü incelticiler birbirinin aynısı olup bilya çapları ve toplam bilya ağırlığı sırasıyla 6,35 mm ve 1540 kg'dır. İnceltme prosesi 50 °C'de gerçekleştirilmekte ve üretimdeki ürünün her bir incelticide kalma süresi yaklaşık 20 dakikadır.

İkinci ve üçüncü aşamalarda ürün formülasyonunda kullanılan şeker, yağ, alkalize kakao tozu, yağlı süt tozu, demineralize peyniraltı suyu tozu, lesitin, vanilin, PGPR, palm stearin, palm olein, tereyağı, fındık, pamuk, kanola, soya, ayçiçeği, mısır ve hindistan cevizi yağları, Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Çikolata kaplama formülasyonunda kullanılan bu yağlardan tereyağı, fındık, pamuk, kanola, soya, ayçiçeği ve mısır yağları ülkemizde üretimi yapılan rafine yağlardır. İkinci ve üçüncü aşamada üretilen çikolata kaplamalarına ait formülasyon Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çikolata kaplama örneklerinin formülasyonu

Bileşen	Miktar (g/100 g)
Şeker	46,48
Yağ	32,56
Kakao tozu	9,94
Kakao kütlesi	3,98
Yağsız süt tozu	5,97
Lesitin	0,51
PGPR	0,55
Vanilya	0,02

PGPR: Poligliserol polirisinolat esterleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Çikolata kaplama örneklerinin üretimi

Tez çalışması kapsamında birinci aşama haricinde üretilen çikolata kaplamaları Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş.'nin Ar-Ge departmanında bulunan bilyalı öğütücü (Resim 3.1) kullanılarak üretilmiştir.



Resim 3.1. Çikolata kaplama üretiminde kullanılan bilyalı öğütücüye ait görüntüler

3.2.1.1. Farklı devir hızı ve süre kombinasyonları uygulanarak çikolata kaplama üretimi

Proje çalışmasının ikinci aşamasında bilyalı öğütücünün devir hızının ve üretim süresinin çikolata kaplama örneklerinin kalite kriterlerine etkisini belirleyebilmek amacıyla yanıt yüzey metodu (response surface methodology) kullanılmıştır. Çikolata kaplama üretiminde kullanılan bilyalı öğütücü devir hızı ve üretim süresi kombinasyonları Çizelge 3.2 'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yanıt yüzey metodu ile oluşturulan bilyalı öğütücü devir hızı ve üretim süresi kombinasyonları

Deneme Noktası	Kod Değerleri		Gerçek Değerleri	
	Devir hızı (rpm)	Süre (dakika)	Devir hızı (rpm)	Süre (dakika)
1	-1	-1	40	10
2	-1	0	40	20
3	-1	1	40	30
4	0	-1	50	10
5	0	0	50	20
6	0	0	50	20
7	0	1	50	30
8	1	-1	60	10
9	1	0	60	20
10	1	1	60	30

Manuel olarak karıştırılıp homojenize edilen toz karışım bilyalı öğütücüye konulmuştur. Daha sonra 30 rpm'de 5 dk karıştırıldıktan sonra çikolata kaplama üretiminde kullanılan yağ (palm stearin/palm olein karışımı) ilave edilerek yanıt yüzey metodu vasıtasıyla belirlenen devir

hızı ve süre faktörlerine göre çikolata kaplama üretimleri gerçekleştirilmiştir. Yanıt yüzey metodu 2 faktör ve 3 seviyeli olarak ayarlanmıştır. Deney tasarımında merkez noktası 2 kere tekrar edilmiştir. Yanıt yüzey metodu, Design Expert programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yanıt yüzey metodu kullanılarak çikolata kaplama örneklerine ait bağımlı değişkenlerin (reolojik parametreler, partikül boyutu ve renk parametreleri) bu çalışmada bağımlı değişken olarak belirlenen bilyalı öğütücü devir ve üretim süresine bağlı olarak değişimi, aşağıdaki kuadratik genel eşitlik ile belirlenmiştir (Eşitlik 1).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

bu eşitlikte

y: ilgili bağımlı değişkeni,

β_0 : dizaynın merkez noktasındaki tepkinin ortalama değerini,

β_i : modeldeki doğrusal terimlere ait katsayıları,

β_{ij} : modeldeki interaksiyon terimlere ait katsayıyı,

β_{ii} : modeldeki kuadratik terimlere ait katsayıları ifade etmektedir (Toker ve ark. 2013a).

Modelleme sırasında backward elimination metodu uygulanarak önemsiz bulunan parametreler ($p > 0,1$), model eşitliğinden çıkarılmıştır.

3.2.1.2. Farklı yağlar kullanılarak çikolata kaplama üretimi

Tez çalışmasının bu kısmında farklı oranlarda (% 2,5, % 5,0, % 7,5 ve % 10) farklı yağlar (palm olein, tereyağı, fındık, pamuk, kanola, soya, ayçiçeği, mısır, palm çekirdeği ve hindistan cevizi) kullanılarak çikolata kaplama üretimleri gerçekleştirilmiştir. Belirtilen yağlar toplam yağ miktarı üzerinden palm stearin yağına ilave edilerek ürün formülasyonunda kullanılmıştır. Kullanılan yağların çikolata kaplama örnekleri üzerindeki etkisini belirleyebilmek için kontrol olarak ürün formülasyonunda sadece palm stearin kullanılarak kaplama üretimi gerçekleştirilmiştir. Bir önceki bölümde olduğu gibi tez çalışmasının bu kısmında da toz örnekler manuel olarak homojenize edildikten sonra bilyalı öğütücüde 40 rpm'de 5 dk inceltmiştir. Daha sonra eritilen yağ karışımı, PGPR ve lesitin ilave edilerek 40 rpm'de 30 dk süreyle inceltme işlemi uygulanmak suretiyle çikolata kaplama üretimi gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Çikolata kaplama örneklerinde gerçekleştirilen analizler

3.2.2.1. Çikolata kaplama örneklerinin partikül boyut dağılımının belirlenmesi

Tez çalışmasının birinci kısmında üretilen örneklerin partikül boyut dağılımı master sizer (Horiba, LA-300, USA) kullanılarak, diğer iki kısımda üretilen örneklerin partikül boyutu ise mikrometre (Mitutoyo, Manufacturing Co. Ltd., Japan, 0,001 mm hassasiyet) kullanılarak belirlenmiştir.

Farklı inceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin partikül boyut dağılımı üzerindeki etkisi, Afoakwa ve arkadaşları (2008a) tarafından önerilen metod kullanılarak belirlenmiştir. Yaklaşık olarak 0,2 g çikolata kaplama örneği refraktif indeks değeri 1,45 olan bitkisel yağ karışımında 20 °C'de dispers edilmiştir. Dispersiyon ultrasonik homojenizatör kullanılarak partiküller tamamıyla serbest kalıncaya kadar dağıtılmıştır. Örneklerin partikül dağılımı farklı boyut bantlarında göreceli partikül hacmi olarak ölçülmüş ve partikül boyut dağılımı kurvesi ile belirtilmiştir. Sonuçlar Mie teorisine dayanarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda aşağıdaki parametreler elde edilmiştir:

$D_{3/2}$ (μm): ortalama,

D_{50} (μm): medyan,

D_{90} (μm): partiküllerin % 90'ının küçük olduğu çap değeri,

D_{10} (μm): partiküllerin % 10'unun küçük olduğu çap değeri ve

Özgül yüzey alanı (cm^2/cm^3).

İkinci ve üçüncü kısımlarda üretilen çikolata kaplama örneklerinin partikül boyutu üretimden hemen sonra mikrometre cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Master sizer kullanılarak yapılan ölçümler 2 paralel olarak gerçekleştirilmiş iken mikrometre ile ölçümler 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2. Çikolata kaplama örneklerinin renk özelliklerinin belirlenmesi

Çikolata kaplama örneklerinin renk analizleri, eritilmiş örnekler üzerinde yapılmıştır. Analiz öncesinde örnekler, su banyosunda 45 °C'de eritilerek kolorimetre (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japan) cihazında renk parametreleri belirlenmiştir. Örneklerin L (parlaklık), a (\pm kırmızı-yeşil) ve b (\pm sarı-mavi) değerleri ölçülmüş ve bu değerler kullanılarak

Periche ve ark. (2015)'nin kullandıkları denklemler ile çikolata kaplama örneklerine ait kroma (C^*) ve hue (h^*) değerleri belirlenmiştir.

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

$$h^* = \arctan (b^*/a^*) \quad (3)$$

Renk ölçümleri, tez çalışmasının 3 aşamasında da gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 3 paralel yapılmıştır.

3.2.2.3. Çikolata kaplama örneklerinin toplam fenolik içeriğinin belirlenmesi

Çikolata kaplama örneklerinin üretimi sırasında uygulanan inceltme işleminin örneklerin toplam fenolik içeriği üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek için Elvan Gıda San ve Tic. A.Ş.'nin fabrika kısmından alınan inceltme seviyeleri 3 farklı örneğin (Şekil 3.1.1) toplam fenolik içeriği belirlenmiştir. Çikolata kaplama örneklerinden fenolik ekstraksiyonu Di Mattia ve ark. (2014)'nin uyguladığı metod kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon öncesinde örnekler buzdolabında +4 °C'de 24 saat bekletilerek sertleştirilmiştir. Daha sonra ~~da~~ yüzey alanlarını artırabilmek amacıyla örnekler kahve öğütücü ile parçalanmıştır. Öğütülen örneklerden 50 gram alınarak üzerine 250 mL hekzan ilave edilip oda sıcaklığında bir saat shaker kullanılarak karıştırılmıştır. Karıştırılan örnekler 4000 rpm'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üst faz alınarak rotari evaporatör kullanılarak hekzan uçurulmuştur. Yağı alınan örnekler 40 °C'de 1 saat bekletilerek içerisinde kalan hekzanın da uçurulması sağlanmıştır. Daha sonra topaklanma görülen örneklerden 2 gram alınarak kahve öğütücüde tekrar öğütülmüş ve 10 mL aseton/su/asetik asit (70/29.8/0.2 v/v/v) solvent kombinasyonu ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım, ultrasonik su banyosunda 30 dakika homojenize edildikten sonra 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Supernatant alındıktan sonra, çöküntü tekrar üstteki şekilde muamele edilerek elde edilen bütün supernatantlar karıştırılmış ve 0.45 µm'lik filtre ile süzülmüştür. Örneklerin toplam fenolik miktarı, Singleton ve Rossi (1965)'nin kullandıkları metod vasıtasıyla belirlenmiştir. 0,2 mL ekstrakt üzerine 1 mL folin (saf su ile 1:10 oranında seyreltilerek hazırlanmış) ve 1,8 mL saf su ilave edilerek vorteks ile bir dakika karıştırıldıktan sonra %2'lik Na₂CO₃çözeltisinden 2 mL ilave edilmiştir. Daha sonra hazırlanan karışım karanlık bir yerde 2 saat bekletildikten sonra absorbans değeri 760 nm'de spektrofotometre (Schimadzu UV-1800, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin fenolik

madde içeriği gallik asit ile hazırlanan kalibrasyon grafiği kullanılarak hesaplanmıştır. Ölçümler 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Çikolata kaplamalarının fenolik içeriği sadece tez çalışmasının birinci kısmında belirlenmiştir.

3.2.2.4. Çikolata kaplama örneklerinden ekstrakte edilen yağın FT-IR spektrumunun belirlenmesi

Çikolata kaplama üretimi sırasında uygulanan mekanik işlemlerin ve sıcaklığın yağın stabilitesi üzerine etkilerini saptayabilmek için bir önceki bölümde anlatıldığı şekilde ekstrakte edilen yağda FT-IR analizi gerçekleştirilmiştir. Yağların FT-IR analizi ATR-FTIR (Bruker Tensor 27, Almanya) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yağ örneklerinin ATR-FTIR spektrumları, 4 cm^{-1} rezolusyonda her bir spektra da 16 tarama toplanarak gerçekleştirilmiştir. Herbir ölçüm öncesinde background olarak hava kullanılmıştır. İki ölçüm arasında cihazın kristal yüzeyi hekzan ile temizlenmiştir. Örneklerin FT-IR spektrumu $4000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu aralığında elde edilmiştir. Herbir örnek için analiz 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. FT-IR analizi sadece tez çalışmasının birinci kısmında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.5. Çikolata kaplama örneklerinin reolojik özelliklerinin belirlenmesi

Çikolata kaplama örneklerinde 2 farklı reolojik test gerçekleştirilmiştir.

1. Yatışkan Faz (Steady state) reolojik özellikler
2. Sıcaklık Taraması (Temperature sweep)

Erimiş çikolata kaplamasının reolojik özellikleri basınç (stress) ve gerilim (strain) kontrollü reometre (Anton Paar, MCR 302, Austria) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerde paralel plaka (çap: 50 mm) kullanılmıştır. Ölçüm sırasında alt ve üst plaka arasındaki mesafe 0,5 mm olarak ayarlanmıştır. Kullanılan reometre cihazının sıcaklık kontrolü su banyosu destekli peltier sistemiyle sağlanmıştır. Aşağıda belirtilen bütün reolojik ölçümler, 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.5.1. Yatışkan faz reolojik özelliklerinin belirlenmesi

Analiz öncesinde $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de eritilen çikolata kaplama örneklerinin yatışkan faz reolojik özellikleri $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ölçülmüştür. Eritilen örnekler alt plakası $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış reometre cihazına konulduktan sonra üst tabaka, alt tabaka ile mesafe 0,5 mm olana kadar indirilmiştir.

İki plaka arasındaki örneğin sıcaklığı dengeye gelebilmesi için analiz öncesinde 3 dk beklenmiştir. Çikolata kaplama örneklerinin yatışkan faz reolojik özellikleri, 0,1-100 s⁻¹ kesme hızı (shear rate) uygulanarak belirlenmiştir. Kesme hızına karşılık kayma gerilmesi (shear stress) değerleri elde edilerek çikolata kaplama örneklerinin akış davranışı belirlenmiştir. Elde edilen veriler Casson (Eşitlik 4) ve Newtonian (Eşitlik 5) modellere uyarlanarak ilgili parametreler hesaplanmıştır.

$$\tau^{0.6} = \tau_0^{0.6} + \eta_{pl} \dot{\gamma}^n \quad (4)$$

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (5)$$

burada τ , kayma gerilimini; $\dot{\gamma}$, kesme hızını, τ_0 , akış için gerekli basıncı (yield stress); η_{pl} , plastik viskozite değerini ve η ise Newtonian modele uyan örneklerin viskozite değerini ifade etmektedir (Rao 1999).

3.2.2.5.2. Sıcaklığın çikolata kaplama örneklerinin reolojik özelliklerine etkisi

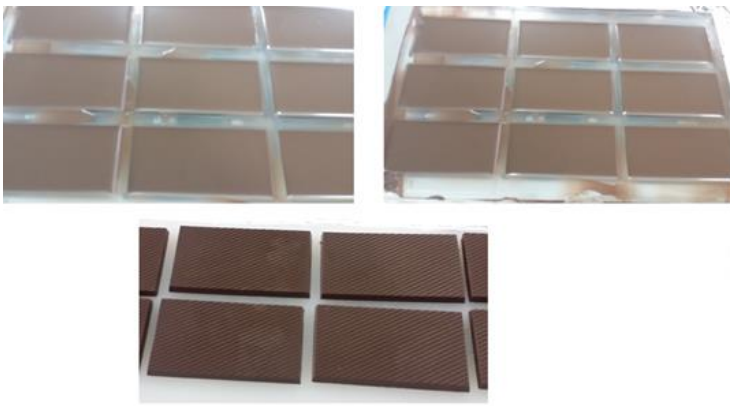
Çikolata kaplama örneklerinin reolojik özellikleri üzerine sıcaklığın etkisini belirleyebilmek için sıcaklık taraması (temperature sweep) testi gerçekleştirilmiştir. Eritilmiş çikolata kaplama örnekleri reometre cihazına konulup üst plaka indirildikten sonra örnek sıcaklığının dengeye gelebilmesi için analiz öncesinde 3 dk beklenmiştir. Daha sonra çikolata kaplama örneklerinin 50 s⁻¹ kesme hızındaki görünür viskozite değeri (η_{50}), sıcaklığa bağlı olarak elde edilmiştir. Kesme hızının 50 s⁻¹ olarak seçilmesinin nedeni, bu kesme hızının ağızdaki kesme hızı olarak kabul edilmesidir (Rao ve Tattiyakul 1999). Çikolata kaplama örneklerine ait η_{50} değerinin sıcaklığa bağlı değişimi Arrhenius eşitliği kullanılarak modellenmiştir (Eşitlik 6).

$$\eta_{50} = \eta_0 \exp(E_a / RT) \quad (6)$$

bu eşitlikte η_{50} , kesme hızı 50 s⁻¹'deki görünür viskozite değerini; η_0 , Arrhenius eşitliği sabitini; E_a , aktivasyon enerjisini (viskozite değerinin sıcaklık değişiminden etkilenme derecesi), T , Kelvin cinsinden sıcaklık değerini ve R ise gaz sabitini (8.3145 J/mol K) ifade etmektedir (Mossel ve ark. 2000).

3.2.2.6. Çikolata kaplama örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi

Çikolata kaplama örneklerinin tekstürel zellikleri, Do ve ark. (2007) ile Keijbets ve ark. (2010)'nın önerdiği metodun, Belšak-Cvitanovi ve ark. (2015) tarafından modifiye edilmesi ile oluşturulan metod kullanılarak belirlenmiştir. Üretilen ikolata kaplamaları, tekstürel analizden önce 80 x 40 x 4 mm'lik kalıplara (Resim 3.2.1.2) yaklaşık 35 C'de döküldükten sonra oda sıcaklığına soğutulup 4 C'de 1 saat bekletilerek kalıptan çıkarılmış ve analiz öncesinde örnekler, 23 C ve % 40 bağıl nemde 24 saat bekletildikten sonra tekstürel analiz gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.2. Çikolata kaplama örneklerine ait kalıplanmış ve kalıp sonrası görüntüsü

Kalıptan ıkarılan çikolata kaplama örneklerinin tekstürel özellikleri, tekstür analiz cihazı (TA.HD Plus, Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sırasında uygulanan test hızı 0,5 mm/s'dir. Tekstür analizleri, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analiz ile örneklerle ait sertlik ve elastikiyet değerleri elde edilen zamana karşı kuvvet testi verileri kullanarak hesaplanmıştır. Çikolata kaplama örneklerinin sertlik değerleri, örneklerin kırılması için gerekli kuvvete eşitken elastikiyeti de her bir örneğin kırılması için probun yaptığı penetrasyon miktarı olarak kabul edilmiştir (Resim 3.3). Örneklerin yüksekliği eşit olduğundan, literatürde elastikiyet için kullanılan % ifadesi yerine bu çalışmada elastikiyet mm birimi üzerinden verilmiştir. Sertlik değerleri de gram cinsinden ifade edilmiştir. Tekstürel analizler, 5 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.3. Çikolata kaplama örneklerinde tekstür analizi

3.2.2.7. Çikolata kaplama örneklerinin uçucu bileşenlerinin belirlenmesi

3.2.2.7.1. Katı faz mikroekstraksiyonu (SPME)

Uçucu bileşen analizi için ekstraksiyon aşamasında kurutulmuş ve öğütülmüş çikolata kaplama örneğinden 1 gram alınarak 25 mL'lik balon jojeye konulmuştur. Isıtma işlemi elektrikli ısıtıcı ile yapılarak SPME (Solid Phase Micro Extraction) fiber ile ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Manuel SPME tutucu (57330-U, SUPELCO, Bellefonte, PA) ve 65 µm'lik fiber (PDMS-DVB) uçucu bileşenlerin SPME analizinde kullanılmıştır. Ekstraksiyon öncesinde fiber, 250 °C'de 20 dakika süre ile koşullandırılmıştır. Fiber koşullandırdıktan sonra örnek içeren kabın tepe boşluğuna yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon zamanı belirli aralıklarla fiberde tutulan bileşen miktarlarının belirlenmesi ile sabitlenmiş olup çikolata kaplama örnekleri için 60 dakika ekstraksiyon yeterli bulunmuştur. Ekstraksiyon tamamlandıktan sonra şırınga balon jojeden uzaklaştırılmış ve GC/FID ve GC/MS analizi için kullanılmıştır. Çikolata kaplama örneklerinden ekstrakte edilen uçucu bileşenlerin desorpsiyonu için fiber, enjeksiyon kısmında 250 °C'de 5 dk bekletilmiş ve daha sonra uçucu bileşenler analiz için direkt olarak kolona transfer edilmiştir. Herbir analiz 3 kere tekrarlanmıştır.

3.2.2.7.2. Gaz kromatografisi-mass spektroskopisi (GC/MS) analizi

Çikolata kaplamalarından ekstrakte edilen uçucu bileşenlerin kalitatif ve kantitatif analizi GC/MS (Shimadzu QP2010, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz için Rtx-5MS kolon (30 m × 0,25 mm, kalınlık: 0,25 mm) kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak He kullanılırken, taşıyıcı gaz akış hızı 1 mL/dakika olarak ayarlanmıştır. GC fırın sıcaklığı 40

°C’de 10 dakika bekletildikten sonra dakikada 4 °C artırılarak 240 °C’ ye yükseltilmiştir ve bu sıcaklıkta 10 dakika bekletilmiştir. Enjeksiyon bloğunun sıcaklığı 250 °C olarak ayarlanmıştır. Kütle spektrumları 70 eV’de elde edilmiştir ve kütle aralığı 35 m/z’den 450 m/z değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Alev iyonlaşma detektör (Flame ionization detector (FID)) sıcaklığı, 200 °C’ye programlanmıştır.

3.2.2.8. Çikolata kaplama örneklerinin mikroyapısal özelliklerinin belirlenmesi

Farklı inceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin mikroyapısal özelliklerine etkisi tarayıcı elektron mikroskopu (scanning electron microscopy (SEM)) (FEI QUANTA FEG 250, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çikolata kaplama örneklerinin yapısı 8 mm uzaklıktan yüksek vakum altında belirlenmiştir. İkincil elektron görüntülerini alabilmek için 5kV hızlandırılmış voltaj uygulanmıştır. Görüntüler, Control User Interface (versiyon 5.21, JEOL, Ltd., Tokyo, Japan) kullanılarak elde edilmiştir.

3.2.2.9. Çikolata kaplama üretiminde kullanılan yağ örneklerinin yağ asidi analizi

Çalışmada kullanılacak yağların (yurt dışından ithal edilen referans kaplamalık yağlar, palm olein, tereyağı, fındık, ayçiçeği, kanola, Hindistan cevizi yağı, mısır, soya, palm çekirdeği yağı ve pamuk yağı) ilk olarak yağ asidi içeriği belirlenmiştir. Bu amaçla, 100 mg yağa 100 µL 2 mol/L KOH ve 3 mL hekzan ilave edildikten sonra vorteks ile karıştırılmıştır. Daha sonra 2500 devirde 5 dakika santrifüj edilen örneklerin üst fazından 1 mL alınarak GC’ye enjekte edilmiştir. Analizde FID dedektör ile HP-88 yağ asidi kolonu (100 m x 0,25 mm x 0,2 µm) Enjeksiyon blok sıcaklığı 250 °C’ye ayarlanmıştır. Fırın sıcaklığı 103 °C’de 1 dakika tutulduktan sonra dakikada 6,5 °C artış ile 170 °C’ye; 2,75 °C artışla da 215 °C’ye yükseltilmiştir. Daha sonra 5 dakikada 230 °C’ye artırılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmış olup akış hızı 2 mL/dk ve split oranı da 1/50 olarak ayarlanmıştır (Anonymous 2008).

3.2.2.10. İstatistiksel analizler

Tez çalışması kapsamında yer alan bütün analizler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, ortalama ± standard sapma olarak ifade edilmiştir. Çikolata kaplama örneklerinin kalite parametreleri üzerinde inceltme işleminin etkisi ANOVA yöntemiyle yapılmıştır. Tez çalışmasının üçüncü aşamasında, ise kaplama formülasyonunda

kullanılan yağ ve yağ konsantrasyonunun üretilen çikolata kaplama örneklerinin kalite özellikleri üzerine etkisi ise MANOVA yöntemiyle belirlenmiştir. Gerekli istatistiksel analizler, SPSS (17.0) (SPSS Statistics 17.0, Armonk, New york, Amerika) istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde α değeri, 0,05 olarak belirlenmiştir.

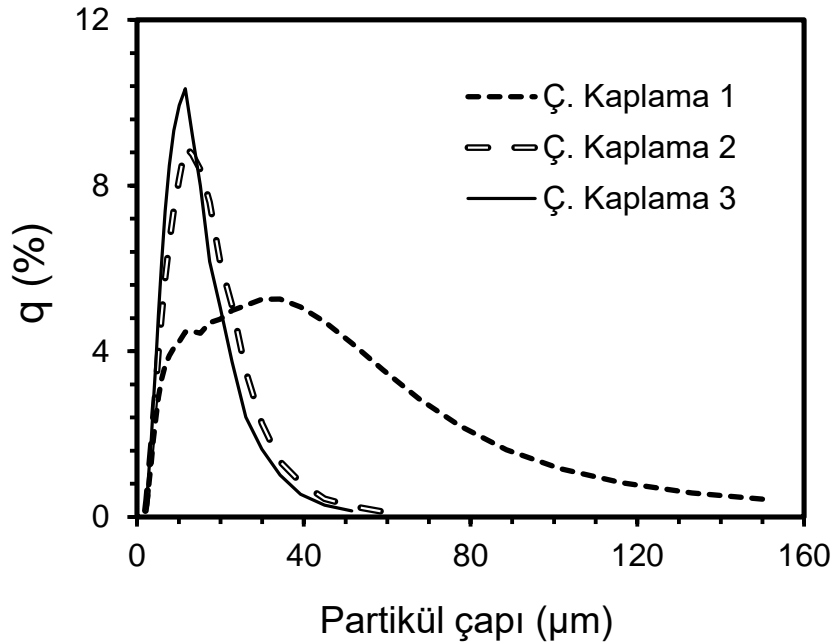
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Farklı İnceltme İşleminin Çikolata Kaplamasının Kalite Özelliklerine Etkisi

Materyal ve Yöntem bölümünde açıklandığı gibi tez çalışmasının bu kısmında Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş.'nin fabrika kısmında 3 farklı incelticiden (Şekil 3.1.1) temin edilen çikolata kaplama örneklerinin bazı fiziksel (renk özellikleri, parikül boyut dağılımı, reoloji, mikroyapısal özellikleri ve erime profili) ve kimyasal (fenolik madde miktarı, uçucu bileşen ve ekstrakte edilen yağların FT-IR spektrumu) özellikleri belirlenmiştir. Bu kısımda amaç çikolata kaplama üretim prosesinde en önemli işlemlerden olan inceltmenin çikolata kaplamalarının kalite özellikleri üzerindeki etkisini ortaya koymaktır.

4.1.1. Çikolata kaplama örneklerinin partikül boyutunun dağılımı

İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin partikül boyut dağılımına etkisi, Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin partikül boyut dağılımına etkisi

Şekilden de görüldüğü gibi, birinci incelticiden çıkan örneklerin partikül çapı geniş bir aralıkta dağılım gösterirken, ikinci ve üçüncü incelticiden elde edilen örneklerin partikül çapı diğer örneğe göre oldukça dar bir alanda yayılım göstermiştir. Beklenildiği gibi çikolata

kaplama örneklerine ait en büyük çaptaki partikülün boyutu inceltme işlemi ile azalmıştır. Şekil 4.1’de elde edilen veriler kullanılarak çikolata kaplama örneklerine ait partikül boyut parametreleri hesaplanmış ve bu parametrelere ait değerler, Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çikolata kaplama örneklerine ait partikül boyut parametreleri

Örnekler	Yüzey alanı (cm ²)	D[3,2] (µm)	D ₉₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₁₀ (µm)
Çikolata Kaplama 1	50,5 ^{c*}	26,4 ^a	58,3 ^a	18,7 ^a	5,08 ^a
Çikolata Kaplama 2	70,5 ^b	12,2 ^b	21,9 ^b	10,6 ^b	4,51 ^b
Çikolata Kaplama 3	77,3 ^a	10,6 ^c	18,6 ^c	9,38 ^c	4,28 ^b

Farklı harfler örnekler arasındaki önemli istatistiksel farklılıkları gösterir ($p < 0,05$)

D[3,2]: Sauter ortalaması; D₉₀: Partiküllerin % 90’ının boyutunun küçük olduğu mikron değeri

D₅₀: Medyan; D₁₀: Partiküllerin % 10’unun boyutunun küçük olduğu mikron değeri

Çizelgeden de görüldüğü gibi, birinci incelticiden çıkan çikolata kaplama örneğinin yüzey alanı 50,5 cm², üçüncü incelticiden çıkan örnek için 77,3 cm² olarak bulunmuştur. Kaplama partiküllerinin inceltmesiyle yani boyutlarının küçülmesiyle yüzey alanı beklenildiği gibi artış göstermektedir. Birinci öğütücünden temin edilne çikolata kaplama örneğinin D[3,2], D₉₀, D₅₀ ve D₁₀ değerleri sırasıyla 26,4, 58,3, 18,7 ve 5,08 µm; bu değerler üçüncü incelticiden çıkan örnekler için 10,6, 18,6, 9,38 ve 4,28 µm olarak bulunmuştur. Özet olarak, çikolata kaplama örneklerinin yüzey alanı inceltme işlemi ile artmış, D[3,2], D₉₀, D₅₀ ve D₁₀ parametrelerinin değerleri ise tam aksine azalmıştır. Sokmen ve Gunes (2006) tarafından da belirtildiği gibi, bu çalışmada D₉₀ ve spesifik yüzey alanı arasında ters orantı gözlemlenmiş, D₉₀ ile diğer partikül boyut parametreleri arasında ise doğru orantı bulunmuştur. Çikolata üretim proseslerinin sütlü çikolatanın partikül boyutuna etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, mikroyapısal özellikler dikkate alınarak Feret çapı kullanılmış ve çikolata örneklerinin partikül boyutu hesaplanmıştır (Glicerina ve ark. 2015). Bu çalışmada, karıştırma prosesi sonrası sütlü çikolata örneğinin partikül boyutu 103 µm olarak bulunmuştur. Söz konusu değer ön inceltme işlemi ile 67 µm’ye, inceltme işlemi ile 29 µm’ye, konçlama işlemi ile 22 µm’ye ve son olarak temperleme prosesi ile de 17,91 µm’ye kadar düşmüştür. Partikül boyut analizinden elde edilen parametreler incelendiğinde spesifik yüzey alanının ve D₉₀ değerlerinin çikolata üretiminde dikkate alınan en önemli parametreler olduğu görülmektedir (Afoakwa ve ark. 2008a). D₉₀ değeri, çikolatlarda bulunan iri parçacıkları göstermekte olup bu değer çikolatanın tekstürel özelliklerini belirleyen önemli bir parametredir (Afoakwa ve ark. 2008a). Çikolata örneklerine ait spesifik yüzey alanı ve D₉₀ değeri, bu örneklerde istenilen akışın sağlanması için gerekli olan yağ miktarı ile önemli bir şekilde ilişkilidir (Glicerina ve ark. 2016). Çikolatada olduğu

gibi, okolata kaplama örneklerinin de partikül boyut dağılımının örneklerin kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri olduğu gözönünde bulundurulduğunda, okolata kaplama örneklerinin kullanım amacına uygun olarak partikül boyutunun optimize edilmesi gerekmektedir.

4.1.2. okolata kaplama örneklerinin renk zellikleri

Tüketicisi belirleyen ve okolatanın görünüşünü etkileyen en önemli kriterlerden olan renk özelliklerine inceltme işlemine etkisi bu kısımda incelenmiştir. İnceltme işlemine okolata kaplama örneklerinin renk zellikleri (L^* , C^* ve h^*) zerine etkisi, izelge 4.2’de verilmiştir. Bilindiği gibi bu renk parametrelerinden L^* değeri, parlaklık hakkında fikir verirken; C^* (kroma) değeri renk doygunluğu ve h^* ise renk açısı hakkında bilgi vermektedir.

Çizelge 4.2. İnceltme işlemine okolata kaplama örneklerinin renk özelliklerine etkisi

rnek	L^*	Kroma (C^*)	Hue (h^*)
okolata Kaplama 1	$14,7 \pm 0,6^a$	$10,9 \pm 0,5^b$	$21,2 \pm 1,5^b$
okolata Kaplama 2	$15,3 \pm 0,2^a$	$11,5 \pm 0,3^{ab}$	$23,6 \pm 0,2^a$
okolata Kaplama 3	$14,7 \pm 0,6^a$	$11,8 \pm 0,2^a$	$24,2 \pm 0,6^a$

Çizelgeden görüleceği gibi, okolata kaplama rneklerinin L^* , C^* ve h^* değerleri birbirlerine oldukça yakın bulunmuştur. Birinci incelticiden çıkan okolata kaplama örneğinin L^* , C^* ve h^* değerleri sırasıyla 14,7, 10,9 ve 21,2 ve 3. inceltiden çıkan okolata kaplama örnekleri için de 14,7, 11,8 ve 24,2 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak incelendiğinde, L^* değerinin inceltme işlemine önemli derecede etkilenmediği ($p>0,05$), C^* ve h^* değerlerinin ise inceltme işlemi ile artış gösterdiği görülmektedir ($p<0,05$). Analiz edilen renk parametrelerinin, partikül dağılımı ve partiküllerin soğurma katsayısı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Afoakwa 2010). Afoakwa (2010), okolata örneklerinin partikül boyutunun ve formülasyonunda bulunan yağ miktarının artması ile C^* ve h^* değerlerinin azaldığını; L^* değerinin ise yağ miktarına bağlı olarak partikül boyut artışı ile azaldığını belirtmiştir. Afoakwa (2010) partikül boyutu, yağ ve lesitin miktarının okolata örneklerinin renk özellikleri üzerindeki etkisini araştırdığı bir çalışmada; % 25 yağ ve % 0.3 lesitin içeren ve partikül boyutu 18 μm olan rneğin L^* , C^* ve h^* değerlerini sırasıyla 43,49, 14,36 ve 43,9; partikül boyutu 25 μm olan örnekten 42,16, 14,11 ve 42,9; 35 μm olan örnekten 40,94, 13,79 ve 42,9 ve partikül boyutu 50 μm ’ye ayarlanmış örnekten ise 38,64, 13,42 ve 42,5 olarak bulmuştur. Aynı çalışmada

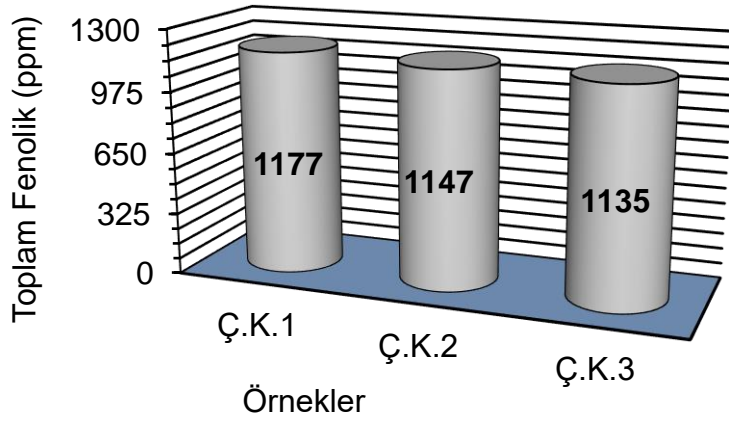
yağ miktarının artması ile C^* ve h^* değerlerinin azaldığı ve lesitin de etkisinin önemsiz olduğu belirtilmiştir. Farklı partikül boyut dağılımına sahip çikolata örneklerinin, farklı partikül ve yapısal düzenlemelere sahip olması bu örneklere ait ışık saçılım katsayısını ve dolayısıyla da ürünlerin görünümünü etkilemektedir. İnce boyuta sahip çikolata kaplama örneklerinin, bir önceki bölümde belirtildiği gibi, daha büyük yüzey alanına, düşük partikül çapına ve partiküller arası daha fazla etkileşime sahip olmaları, bu örneklerin daha yoğun olmasına, daha fazla ışığı saçabilmesine, daha parlak görünmesine ve daha doygun görünmesine neden olmaktadır (Afoakwa 2010). Kakao yağında kristal ağın bulunması da ışığın saçılımına yol açmakta ve bu durumda da doygunluk ve parlaklık parametreleri, yağ miktarının artması ile azalma göstermektedir.

4.1.3. Çikolata kaplama örneklerinin toplam fenolik içeriği

Çikolata formülasyonunda bulunan en önemli hammaddelerden olan kakaonun flavonoid açısından zengin olduğu düşünüldüğünde (Di Mattia ve ark. 2014) çikolata üretim aşamasında uygulanan proseslerin çikolata örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerindeki etkisinin belirlenmesi çikolata optimizasyonu açısından oldukça önemlidir. Çünkü diyet ile sağlık arasındaki ilişkinin çok net bir şekilde ortaya konulduğu ve bundan dolayı da insanların dünya genelinde fonksiyonel gıda tüketme eğilimlerinin arttığı günümüzde tüketicilere olabildiğince yüksek fenolik içeriğine sahip ürün sunabilmek önem taşımaktadır. Farklı inceltme işlemi uygulanmış çikolata kaplama örneklerinin toplam fenolik içerikleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Şekil 4.2’den görüldüğü gibi birinci, ikinci ve üçüncü incelticiden çıkan kaplamaların toplam fenolik içerikleri sırasıyla 1177, 1147 ve 1135 mg gallik asit ekuivalent / kg kuru madde olarak belirlenmiştir. Sonuçlar istatistiksel açıdan incelendiğinde uygulanan inceltme işleminin, kaplama örneklerinin fenolik madde miktarı üzerinde etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Başka bir ifadeyle, inceltme işlemi süresince uygulanan mekanik işlemlerin, fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Di Mattia ve ark. (2014) çikolata üretiminde uygulanan farklı konçlama proseslerinin çikolata örneklerinin fenolik madde miktarı üzerindeki etkisini araştırdıkları bir çalışmada, çikolata üretiminde kısa süreli ve uzun süreli konçlama işlemi uygulamışlardır. Bu çalışmada, kısa süreli konçlama işlemi 90 °C’de 6 saatlik kuru konçlama ile 60 °C’de 1 saatlik ıslak konçlama işleminden oluşturulmuşken, uzun

sürelili konçlama 6'şar saatlik 60 °C'de kuru ve ıslak konçlamadan oluşmuştur. Her iki konçlama işlemini de çikolataların fenolik madde içeriğinde azalmaya neden olmuştur.



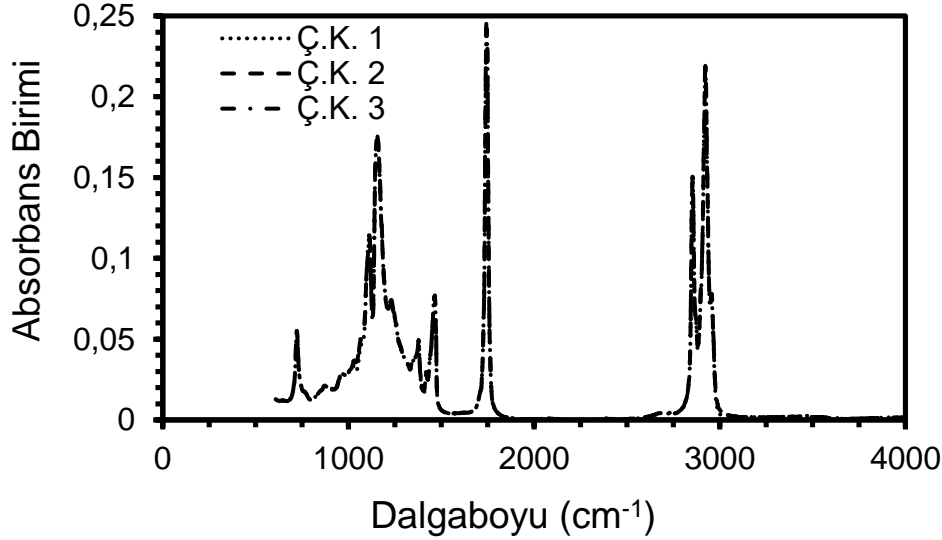
Şekil 4.2. İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin toplam fenolik içeriği üzerine etkisi (Ç.K.: Çikolata kaplama)

Robinson ve arkadaşları (1961) yaptıkları bir çalışmada, konçlama işleminin epikateşinlerde stereokimyasal bir değişime neden olduğunu, fakat konsantrasyonunda herhangi bir değişime yol açmadığını belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada ise, konçlama süresi boyunca örneklerin polifenol konsantrasyonunda önemli bir değişim gözlemlenmemiştir (Bordin Schumacher ve ark. 2009). Literatürde belirtildiği gibi, fenolik maddeler çok hassas bileşenlerdir. Kesme ve parçalama gibi işlemlerde uygulanan mekanik etkilerden bile olumsuz etkilenebilmektedirler (Amarowicz ve ark. 2009). Bu nedenle, fenolik konsantrasyonunun çikolata üretim prosesindeki inceltme işleminden önemli derecede etkilenmediği ortaya konulsa da, inceltme işleminde uygulanan mekanik proses şiddetinin ve süresinin üretim süresindeki fenolik kaybını minimize edebilmek için dikkatli bir şekilde ayarlanması gerekmektedir.

4.1.4. İnceltme işleminin kaplamalardan ekstrakte edilen yağın FT-IR spektrumuna etkisi

Bilindiği gibi yağ içeriği fazla olan örneklerde yağın stabilitesi, örneklerin depolama süresinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle tez çalışması kapsamında, çikolata kaplamalarından ekstrakte edilen yağların FT-IR spektrumları belirlenmiştir. Literatür incelendiğinde, çikolata kaplamasıyla ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı gibi, çikolatada bulunan yağın gerek stabilitesine gerekse diğer kalite kriterlerine (kristalizasyon özellikleri hariç) yönelik herhangi bir çalışma da bulunamamıştır. FT-IR spektrumları ilgili

materyale ait fonksiyonel gruplar hakkında fikir vermektedir. Farklı inceltme işlemi uygulanmış çikolata kaplamalarından ekstrakte edilen yağlara ait FT-IR spektrumu Şekil 4.3’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi kaplama örneklerine ait spektrumlar üst üste gelmiştir. Spektrumlar arasında bir fark gözlenmemiştir. Bu durum üretim sırasında uygulanan inceltme işleminin, formülasyonda bulunan yağın yapısı üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.3. Çikolata kaplamalarından ekstrakte edilen yağlara ait FT-IR spektrumları

Şekil 4.3’den görüldüğü gibi yağ örneklerinin FT-IR spektrumlarında 8 adet önemli pik tespit edilmiştir. Bu piklerin dalga boyu değerleri sırasıyla 2953, 2924, 1746, 1465, 1450, 1238, 1163 ve 721 cm^{-1} ’dir. Yenilebilir yağlara ait major piklerin hangi fonksiyonel grubu temsil ettiğine dair bilgi Çizelge 4.3’de verilmiştir.

FT-IR spektrumları incelendiğinde oksidasyona bağlı kaplama yağlarında meydana gelen değişime yönelik herhangi bir sonuca rastlanılmamıştır. Dalga boyu 3006 cm^{-1} ’da herhangi bir pik bulunamamıştır. Bu dalga boyundaki pik, =C-H (cis) bağının oksidasyonu sonucunda gözlemlenmektedir (Navarra ve ark. 2011). Ayrıca 3435 cm^{-1} civarındaki pik de hidroperoksitler veya birincil oksidasyon ürünleri sonucunda oluşmuştur (Navarra ve ark. 2011). Stabil olmayan hidroperoksitler veya diğer oksidasyon ürünleri de kolay bir şekilde alkol, aldehitler ve ketonlar gibi ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşür. Dalga boyu 3530 ve 3468 cm^{-1} ’de tespit edilen pikler bu tür ikincil bileşenlerin oluşumundan kaynaklanır (Guillén ve Cabo 2000). Şekil 4.3 incelendiğinde, bu çalışmada belirtilen bölgelerde çikolata

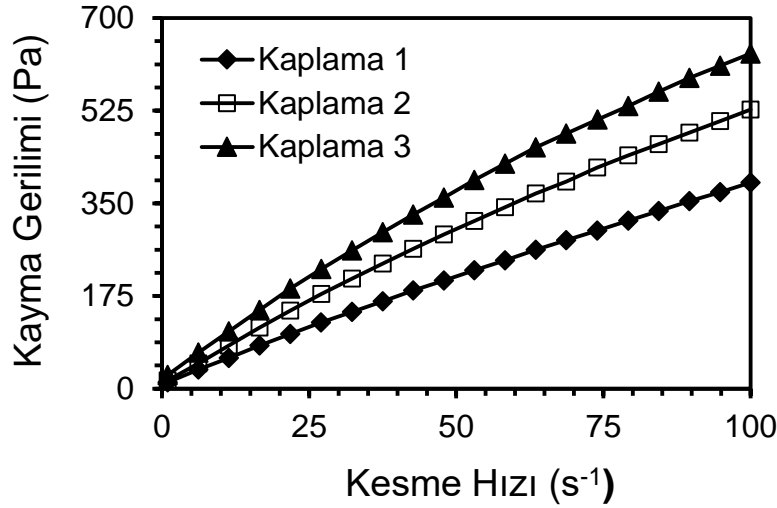
kaplamalardan ekstrakt edilen yağlarda herhangi bir pik görülmemiştir. Bu durum, inceltme işlemi sırasında uygulanan sıcaklık ve mekanik kuvvetlerin yağlarda herhangi bir oksidasyona sebep olmamasının göstergesidir.

Çizelge 4.3. Yenilebilir yağlarda belirlenen major piklere ait bilgiler (Lerma-García ve ark. 2010, Sim ve Ting 2012)

Dalga boyu (cm ⁻¹)	Fonksiyonel grup	Titreşim modu
3003	=C-H (cis)	Esneme (Stretching)
2955, 2922	-C-H (CH ₃)	Esneme
2852	-C-H (CH ₂)	Esneme
1742	-C=O (Ester)	Esneme
1712	-C=O (Asit)	Esneme
1650	-C=C (cis, RHC=CHR)	Esneme
1461	-C-H (CH ₂)	Bükülme
1415	=C-H (cis)	Bükülme
1158	-C-O	Esneme
1238, 1377	H-C-H	Bükülme
1027, 1062, 1095, 1110, 1118	C-O	Esneme
958	C=C (trans)	Bükülme
721	C-H	Bozulma
658, 912	C-H	Bozulma

4.1.5. İnceltme işleminin çikolata kaplamalarının reolojik özelliklerine etkisi

Farklı incelticilerden elde edilen erimiş çikolata kaplama örneklerine ait kesme hızına karşılık 40 °C'deki kayma basıncı grafiği Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Çikolata kaplama örneklerine ait grafik incelendiğinde, kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği x eksenine (kesme hızı) doğru bükülme göstermektedir. Bu durum çikolata kaplama örneklerinin kayma inceltmesi (shear thinning) davranışına sahip olduğunun göstergesidir. Başka bir ifade ile çikolata kaplama örneklerinin görünür viskozite değerleri, kesme hızı arttıkça azalmaktadır. Birçok gıda örneğinde bu tür davranışlar gözlemlenmektedir. Erimiş çikolata örneklerinin kayma inceltmesi gösterdiği farklı çalışmalarda ifade edilmiştir (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).



Şekil 4.4. Çikolata kaplama örneklerine ait akış davranış grafiği

Eriyik haldeki çikolata kaplama örneklerinin kayma incelenmesi davranışı göstermesi uygulanan kaymanın neden olduğu yapısal bozulmalardan (Fernandez ve ark. 2013) ve yapısal moleküllerin düzleşmesinden (Izidoro ve ark. 2008) kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı da çikolata kaplamaların üretiminde veya üretiminden sonraki aşamalarda (kalıplama veya kaplama prosesi) ürüne uygulanan kayma hızı ürün kalitesinin muhafazası açısından oldukça önemlidir. Elde edilen kayma hızına karşılık kayma basıncı değerleri, Casson modele (Eşitlik 3) uyarlanarak ilgili model parametreleri hesaplanmıştır. Farklı inceltme işlemine maruz bırakılmış çikolata kaplama örneklerine ait Casson model parametrelerine ve determinasyon katsayısına (R^2) ait değerler, Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. İnceltme işleminin çikolata kaplamalarının akış davranış parametrelerine etkisi

Örnekler	Casson Model Parametreleri			η_{50} (Pa s)
	τ_0 (Pa)	η_{pl} (Pa s)	R^2	
Çikolata Kaplama 1	$1,21 \pm 0,07^c$	$1,83 \pm 0,06^c$	0,9989	$4,22 \pm 0,08^c$
Çikolata Kaplama 2	$1,76 \pm 0,02^b$	$2,18 \pm 0,01^b$	0,9955	$5,96 \pm 0,10^b$
Çikolata Kaplama 3	$2,78 \pm 0,10^a$	$2,31 \pm 0,01^a$	0,9942	$7,42 \pm 0,06^a$

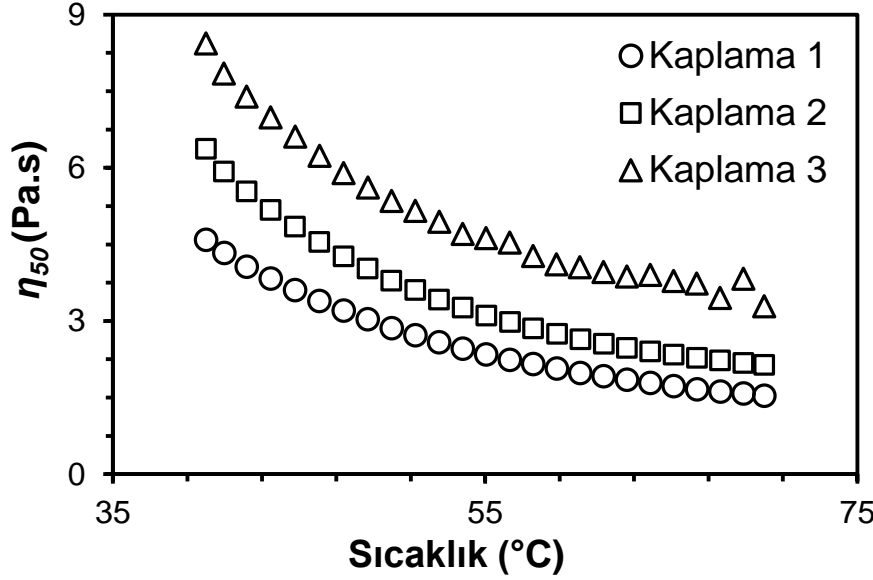
*Farklı harfler örnekler arasındaki istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$)
 τ_0 : Akma basıncı (yield stress); η_{pl} : Plastik viskozite; η_{50} : kayma hızı 50 s^{-1} 'deki görünür viskozite

Çizelge 4.4'den de gözlemlendiği gibi, oluşturulan modellere ait R^2 değerleri, 0,9942 ile 0,9989 arasında değişmektedir. R^2 değerinin 1'e yakın olması, oluşturulan modelin tahminleme konusundaki başarısını göstermektedir. Başka bir ifade ile elde edilen deneysel verilerle model kullanılarak tahmin edilen verilerin birbirlerine yakınlığı konusunda fikir vermektedir. Sütü çikolata (Wichchukit ve ark. 2004, Glicerina ve ark. 2015a, Laličić-

Petronijeveic ve ark. 2015) ve bitter okolata (Efraim ve ark. 2011, Lalii-Petronijeveic ve ark. 2015) rneklerinin akış davranışını en iyi açıklayan modelin Casson modeli olduğu farklı çalışmalarda belirtilmiştir. Çizelgeden de grldğu gibi, birinci incelticiden çıkan ve 58,3 μm D_{90} değerine sahip okolata kaplama örneğinin akma basıncı (akışın başlayabilmesi için gerekli olan minimum enerji) değeri 1,21 Pa bulunmuşken, bu değer nc incelticiden çıkan ve 18,6 μm D_{90} değerine sahip okolata kaplama rneğinde 2,78 Pa olarak belirlenmiştir. Akma basıncına paralel olarak, okolata kaplama örneklere ait plastik viskozite değeri (rneğin hareketini sürdürebilmesi için gerekli enerji) de kaplamaya uygulanan inceltme işlemi ile artış göstermektedir. Birinci, ikinci ve nc incelticiden çıkan okolata kaplama örneklere ait plastik viskozite değerleri sırasıyla 1,83, 2,18 ve 2,31 Pa olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde örneklere ait η_{50} değeri de partikül boyutu azaldıkça artış göstermiş ve sırasıyla 4,22, 5,96 ve 7,42 Pa s olarak bulunmuştur. Genel olarak, gıda maddelerinde partikül boyutu büyüdükçe, büyük partiküllerin hareketinin zor olması varsayımıyla örneklere ait akma basıncı, plastik viskozite ve η_{50} değerleri de artış göstermektedir. Fakat sonuçlar incelendiğinde, okolata kaplama örneklere tersi bir durumun söz konusu olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durumu Beckett (2008) řu şekilde açıklamıştır: Partiküller büyük iken aralarında sınırlı sayıda temas noktası bulunmaktadır. İnceltme işlemi sonrasında partikül boyutlarının küçülmesi ile partiküller arasındaki temas noktalarının artması-sıkı bir yapının oluşmasına neden olur. Bu yapı ile okolata kaplama örneklere ait akma basıncı ve plastik viskozite değerleri artış göstermektedir (Chevalley 1991). okolata üretim prosesinde uygulanan inceltme işlemi yapıda kümeleşme oluşmasına yol açar (Glicerina ve ark. 2013). Partikül boyutuna ilave olarak, okolata örneklere ait reolojik özellikleri yağ miktarı ve dağılımına, emülsifiyer çeşidi ve miktarına ve katı partikül miktarı ile partiküllerin şekline bağlı olarak değişim göstermektedir (Glicerina ve ark. 2013). rn formülasyonunda yüksek yağ içeriği bulunursa, bu fazla yağ matriksin ıslanması ile partiküller arasındaki boşlukların yağ ile dolmasına ve sonuçta akışa karşı direncin azalmasına neden olur (Afoakwa ve ark. 2008b).

okolata kaplama örneklere ait akış davranışı belirlendikten sonra okolata kaplama örneklere ait η_{50} değeri üzerine sıcaklığın etkisi de bu kısımda ortaya konulmuştur. Bilindiği gibi, okolata kaplama üretiminden sonra herhangi bir ürünü kaplama sıcaklığı kaplama etkinliği açısından önemlidir. Sıcaklığın, farklı seviyelerde inceltme işlemi uygulanmış kaplama örneklere ait η_{50} değeri üzerine etkisi şekil 4.5'de gösterilmiştir. şekilden de grldğu gibi, bütün okolata kaplama örneklere ait η_{50} değeri sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Viskozitenin sıcaklık artışı ile azalması çeşitli çalışmalarda farklı gıda materyalleri üzerinde de ortaya

konulmuştur. Dondurma miksi (Toker ve ark. 2013b), üzüm pekmezinden üretilen köfter miksi (Goksel ve ark. 2013), boza (Arıcı ve ark. 2014), kuşburnu marmeladı (Sagdic ve ark. 2015) ve krem bal (Karasu ve ark. 2015) gibi birçok gıdanın görünür viskozitesi de sıcaklık arttıkça azalmıştır.



Şekil 4.5. Çikolata kaplama örneklerinin sıcaklığa bağlı değişimi

Sıcaklık artışı, moleküllerin termal enerjisinin ve moleküller arası mesafenin artmasına neden olur. Bu durumda moleküller arası kuvvetler azalır (Hassan ve Hobani 1998, Arslan ve ark. 2005) ve böylece örneklerin viskozitesi azalır. Sıcaklık taraması testinden elde edilen veriler, eşitlik 5'te ifade edilen Arrhenius eşitliğine uyarlanarak ilgili parametreler hesaplanmıştır. Farklı düzeylerde inceltilmiş çikolata kaplamaları için hesaplanan model parametreleri ve determinasyon katsayıları, Çizelge 4.5'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.5. Çikolata kaplama örneklerine ait Arrhenius model parametreleri

Örnekler	η_0 (Pa s)*10 ⁵	E_a (kJ/mol)	R^2
Çikolata Kaplama 1	1,637 ^c	32,48 ^a	0,9927
Çikolata Kaplama 2	2,326 ^b	32,30 ^a	0,9880
Çikolata Kaplama 3	6,337 ^a	25,62 ^b	0,9802

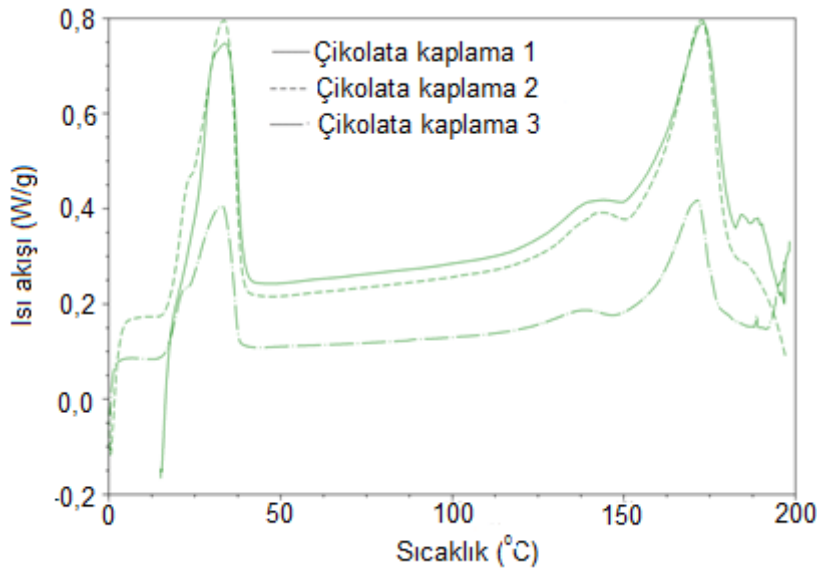
*Farklı harfler, örnekler arasındaki istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$)

Çizelgeden de görüldüğü gibi, modele ait R^2 değerleri, 0,9802, 0,9980 ve 0,9927 olarak bulunmuştur. Bu durum η_{50} değerinin sıcaklığa bağlı değişiminin Arrhenius eşitliği ile başarılı

bir şekilde açıklanabileceğini göstermektedir. Farklı gıda materyallerinin görünür viskozite değeri, Arrhenius eşitliği ile çeşitli çalışmalarda başarılı bir şekilde açıklanmıştır (Goksel ve ark. 2013, Toker ve ark. 2013b, Arıcı ve ark. 2014, Karasu ve ark. 2015). Çizelgeden de görüldüğü gibi, sıcaklık değişimine karşı örneklerdeki viskozite değişiminin stabilitesi hakkında bilgi veren aktivasyon enerjisi (E_a) değerleri, birinci, ikinci ve üçüncü incelticiden çıkan 58,3, 21,9 ve 18,6 $\mu\text{m D}_{90}$ değerlerine sahip kaplamalar için sırasıyla 32,48, 32,30 ve 25,62 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi kaplama örneklerinin partikül boyutu azaldıkça örneklerin viskozitesinin sıcaklık değişimine olan direnci azalmaktadır. Bu durum çikolata kaplama örneklerinin herhangi bir ürünün kaplanmasında kullanıldığı sıcaklığın ürün kalitesi veya kaplamadan beklenen özellikler göz önünde bulundurulduğunda önemini ortaya koymaktadır. Kaplanacak materyal tipine bağlı olarak kaplama için en uygun viskozite değeri belirlendikten sonra, kaplama sıcaklığı Arrhenius eşitliğiyle tahmin edilerek kaplamanın istenildiği şekilde gerçekleşmesi sağlanır.

4.1.6. İnceltme işleminin çikolata kaplamalarının erime özelliklerine etkisi

Tez çalışmasının bu kısmında inceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin önemli kalite parametrelerinden birisi olan erime özellikleri üzerine etkisi de araştırılmıştır. Çikolata kaplama örneklerine ait erime profili Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Çikolata kaplama örneklerinin erime profili

Şekilden de görüleceği gibi, erime profilinde iki ayrı önemli pik görülmektedir. Birinci pik, formülasyonda bulunan yağın erimesi (Afoakwa ve ark. 2008a) ile ilgiliyken, ikinci pik şekerin (sakkaroz) erimesinden dolayı ortaya çıkmıştır. Glicerina ve ark. (2013), Beckett ve ark. (2006) ile Afoakwa ve ark. (2008)'nin bulguları da bu sonuçları doğrulamaktadır. Şekil 4.1.6 kullanılarak kaplama örneklerine ait hesaplanan ilgili termal parametreler (T_{ilk} , T_{son} , T_{pik} and ΔH), Çizelge 4.6'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.6. Çikolata kaplama örneklerine ait termal parametreler

Örnekler	Yağ				Şeker			
	T_{ilk} (°C)	T_{pik} (°C)	T_{son} (°C)	ΔH (J/g)	T_{ilk} (°C)	T_{pik} (°C)	T_{son} (°C)	ΔH (J/g)
Kaplama 1	21,1 ^a	30,1 ^b	42,2 ^a	31,9 ^a	156,4 ^a	171,4 ^a	183,9 ^a	37,5 ^a
Kaplama 2	21,0 ^a	33,8 ^a	42,5 ^a	32,3 ^a	156,9 ^a	171,0 ^a	180,8 ^a	35,1 ^b
Kaplama 3	21,0 ^a	32,9 ^a	41,6 ^a	32,8 ^a	156,3 ^a	170,6 ^a	179,6 ^a	35,1 ^b

*Farklı harfler örnekler arasındaki istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$)

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 simgelemektedir (Afoakwa ve ark. 2008a). Çizelge 4.6'dan da görüldüğü gibi çikolata kaplama örneklerinde bulunan yağın erimeye başladığı sıcaklıklar 21,1 ve 21,0 °C; erimenin en hızlı olduğu sıcaklıklar 30,1, 33,8 ve 32,9 °C ve erimenin tamamlanması için gerekli olan sıcaklıklar ise 42,2, 42,5 ve 41,6 °C olarak belirlenmiştir. Birinci, ikinci ve üçüncü incelticiden çıkan çikolata kaplama örneklerinin tamamıyla eriyip sıvı hale geçmesi için gereken enerji değerleri ise sırasıyla 31,9, 32,3 ve 32,8 J/g olarak hesaplanmıştır. Çizelgeden görüldüğü gibi, inceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinde bulunan yağın termal özelliklerine ait parametreler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Glicerina ve ark. (2013) tarafından bitter çikolata üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çikolatada yağın erimesine etki eden faktörlerden en önemlileri, örnek formülasyonlarında kullanılan yağın yağ asidi kompozisyonu ve yağın kristallenmesi sonucu oluşan polimorf çeşididir. Bilindiği gibi kakao yağının kristalizasyonu sonucu 6 farklı polimorf oluşmaktadır (Beckett 2008). Bu farklı polimorflar γ , α , β_{III} , β_{IV} , β_V ve β_{VI} olarak adlandırıldığı gibi I'den VI'ya kadar da adlandırılmaktadır (Beckett 2008). Polimorfların erime noktaları arasında da farklılıklar görülmektedir. Farklı çalışmalarda elde edilen bu polimorfların erime sıcaklıklarına ait bilgiler, Çizelge 4.7'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Kakao yağı polimorflarına ait erime sıcaklıkları (Talbot 1999, Afoakwa ve ark. 2007)

Polimorfik form	Erime sıcaklığı (°C)
Form I (β'_2)	16-18
Form II (α)	21-22
Form III (Karışım)	25,5
Form IV (β_1)	27-29
Form V (β_1)	32-34
Form VI (β'_1)	34-36

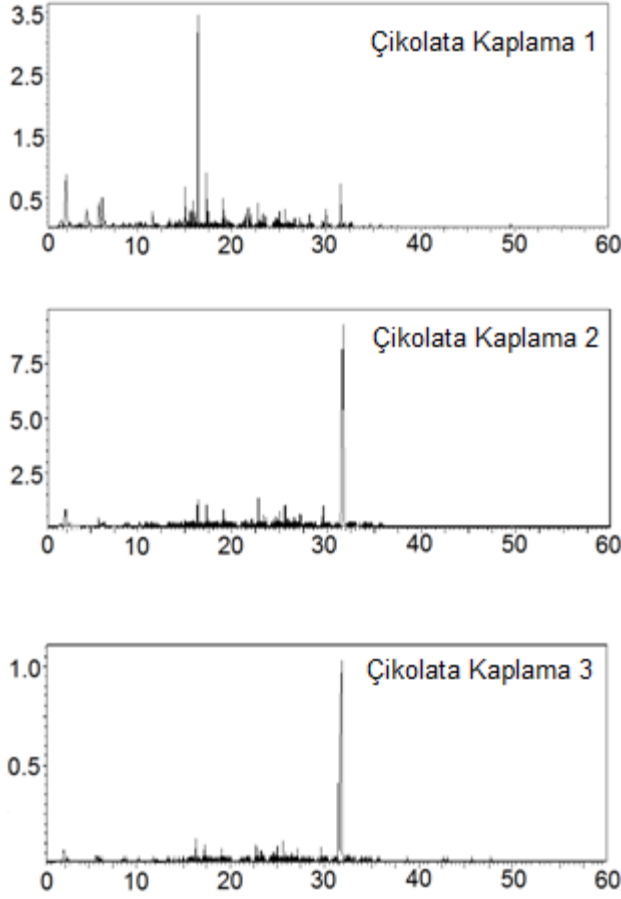
Çizelge 4.7'den görüldüğü gibi, kakao yağının kristal formuna göre yağın erime noktası önemli derecede değişmektedir. Farklı polimorfların erime sıcaklıkları 16 ile 36 °C arasında tespit edilmiştir. Çikolata üretim prosesinde kristalizasyonun temperleme aşamasında gerçekleştiği düşünüldüğünde, inceltme işlemi ile erime sıcaklığının değişmemesi beklenen bir sonuçtur. Bu sonuçlardan çikolata kaplama üretiminde uygulanan inceltme işleminin, yağın kristal yapısında herhangi bir değişikliğe neden olmadığı görülmektedir. Farklı çikolatalar üzerinde gerçekleştirilen araştırmalarda, çikolata örneklerine ait T_{ilk} ve T_{son} değerleri, 24,3-30,6 °C ve 33,0-37,2 °C arasında bulunmuştur (Guillén ve Cabo 2000, Glicerina ve ark. 2013). Çikolata kaplamasına ait bu çalışmada bulunan değerler ile çikolata üzerinde gerçekleştirilen önceki çalışmaların sonuçları arasında farklılıklar görülmektedir. Bu durumun temel olarak, çikolata ürünlerinde kullanılan yağ çeşidinin farklılığından (çikolata kaplamasında palm stearin ve olein karışımı, çikolata da ise kakao yağı) veya üretim sırasında uygulanan proseslerin, ürün formülasyonunda bulunan yağın kristalizasyonunu farklı derecede etkilemesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bilindiği gibi, çikolata kaplama formülasyonunda yağ olarak palm stearin ve palm olein yağlarının karışımının kullanıldığı dikkate alındığında, bu yağların toplam yağ içeriğindeki konsantrasyonları da çikolata kaplama örneklerinin erime özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Yapılan bir çalışmada, palm stearin/palm çekirdeği yağlarının farklı oranlardaki karışımlarının ve farklı sıcaklıklarda kristallendirilmiş formlarının erimeye başladığı sıcaklıkların 11,5 ve 22,3 °C arasında değiştiği tespit edilmiştir (Rashid ve ark. 2012). Başka bir çalışmada ise palm stearin yağının tamamen erimesi için gerekli sıcaklığın 53,9 °C civarında olduğu belirtilmiştir (Fauzi ve ark. 2013). Palm stearin/palm olein yağ karışımlarına ait erime aralıkları göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada bulunan değerler ile daha önceki çalışmaların sonuçlarının uyumlu olduğu görülmektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, erime profilinden yağa ait erime özelliklerine ilave olarak şekere ait erime özellikleri de elde edilmiştir (Şekil 4.1.6 ve Çizelge 4.1.6). Farklı inceltme işlemi uygulanmış çikolata kaplama formülasyonunda bulunan şekere ait erime başlangıç sıcaklığı, erimenin en hızlı olduğu sıcaklık ve erimenin tamamlandığı sıcaklık değerleri sırasıyla 156,3-156,9 °C, 170,6-171,4 °C ve 179,6-183,9 °C arasında bulunmuştur. Yağ için elde edilen sonuçlara benzer olarak, inceltme işlemi şekerlerin erime profilini önemli derecede etkilememektedir. Glicerina ve ark. (2013) bitter çikolata üzerine gerçekleştirdikleri bir çalışmada, farklı proses işlemleri uygulanarak üretilen bitter çikolatada bulunan şekere ait T_{ilk} ve T_{son} değerleri sırasıyla 174,7-181,0 ve 189,7-192,3 °C arasında bulmuşlardır. Kaplama örneklerinde bulunan şekerin tamamen erimesi için gerekli olan enerji değerinin 35,1 ve 37,5 J/g arasında değiştiği görülmektedir. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde, şekerin erime özelliklerinin de inceltme işleminden önemli derecede etkilenmediği görülmektedir ($p>0,05$).

4.1.7. İnceltme işleminin çikolata kaplamalarının aroma özelliklerine etkisi

Çikolata ve benzeri ürünlerde ürünün albenisini belirleyen ve aynı zamanda çok önemli bir kalite kriteri olan özellik de tad ve aromadır. Çikolatayı dünya genelinde insanların çoğu için çekici hale getiren özelliği, onun eşsiz ve kompleks aromasıdır (Owusu 2010). Bu duyuşsal özellikleri örneklerin uçucu bileşen içeriği belirlemektedir. Çikolata ve ürünlerinde bulunan uçucu madde çeşidi ve konsantrasyonu ürünün aroması üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Literatür incelendiğinde, çikolata örnekleri üzerinde uçucu bileşenlerin belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar olmakla birlikte, çikolata kaplamaları üzerinde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çikolata formülasyonunda kullanılan kakao genotipi ve kakaoya hasat sonrası uygulanan işlemler, çikolatanın aroma ve tadını belirleyen faktörlerdendir (Afoakwa 2008a).

Kakao türüne ve kakaonun yetiştiği şartlara ilave olarak kakao çekirdeklerine uygulanan fermantasyon, kakaonun kavurulması, konçlama (Hue ve ark. 2014) ve inceltme prosesleri çikolata aromasının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Afoakwa ve ark. 2008a, Beckett 2008, Afoakwa 2010). Bu çalışmada da, çikolata kaplamasında aromanın çok önemli ve albeniyi belirleyici faktörlerden birisi olduğu düşünülerek inceltme işleminin, kaplamanın diğer kalite parametreleri yanında aroma profili üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Çikolata kaplama örneklerinin uçucu madde bileşimi, HS-SPME/GC-MS kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 4.7, çikolata kaplama örneklerine ait toplam iyon kromatogramlarını göstermektedir.



Şekil 4.7. Çikolata kaplama örneklerine ait toplam iyon kromatogramları

Şekil 4.7.'den görüldüğü gibi, kaplama örneklerinde belirlenen piklerin yeri ve yoğunluğu arasında örnekler arasında farklılıklar görülmektedir. Piklerin yeri ve yoğunluğundaki farklılıklar, inceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin aroması üzerinde de farklılığa neden olduğunu göstermektedir. Farklı partikül boyutuna sahip çikolata kaplama örneklerinin uçucu bileşen kompozisyonu Çizelge 4.8'de özetlenmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi çikolata kaplama örneklerinde toplam 40 adet uçucu bileşen belirlenmiştir. Bu konuda literatürde yer alan araştırmalarda, çikolataya aroma kazandıran 600'den fazla uçucu bileşen tespit edilmiştir (Afoakwa 2010). Bu bileşenler çoğunlukla pirazinlerin, tiyazollerin, oksazollerin, pirollerin piridinlerin, furanların, aminlerin, aldehitlerin, ketonların, esterlerin, alkollerin ve asitlerin türevleridir (Owusu 2010). Özellikle, çikolata örneklerinde belirlenen pirazinlerin ve aldehitlerin iki temel aroma aktif bileşen grubu olduğu belirtilmiştir (Afoakwa 2010). Çikolata kaplama örneklerinin formülasyonlarında kakao yağı kullanılmadığından, kakao bazlı hammaddelerin üründe miktar açısından az bulunması, konvansiyonel çikolatalara göre aromasının daha zayıf olmasına neden olmaktadır.

Çizelge 4.8. Çikolata kaplama örneklerinin uçucu bileşen kompozisyonu

Bileşenler	RI	Kaplama 1	Kaplama 2	Kaplama 3
Acetic acid	697	11,7 ^a	4,27 ^b	3,35 ^b
1,2-Propanediol	760	3,18 ^a	nd	nd
2,3-Butanediol	797	4,35 ^a	2,21 ^b	1,22 ^c
Pentanoic acid	882	0,64 ^b	0,91 ^a	0,66 ^a
2-Methylnonane	1003	0,54 ^a	nd	nd
Hexanoic acid	1032	0,92 ^a	nd	nd
Decane	1042	0,53 ^a	nd	nd
2,3,5-Trimethyl pyrazine	1045	3,66 ^a	0,78 ^b	nd
2,5,5-Trimethylheptane	1052	0,71 ^a	nd	nd
3,6-Dimethyl-decane	1057	1,27 ^a	0,51 ^b	1,17 ^a
2,4,6-Trimethyl-octane	1063	1,03 ^a	nd	nd
3,3,5-Trimethylheptane	1066	1,64 ^a	0,57 ^b	nd
Benzyl alcohol	1080	15,5 ^a	2,23 ^b	1,84 ^b
3,8-Dimethyl-undecane	1103	3,32 ^a	1,53 ^b	1,17 ^b
4-Methyldecane	1106	0,86 ^a	nd	nd
2,6,11-Trimethyldodecane	1109	0,95 ^a	nd	nd
4,6-Dimethyl-dodecane	1151	1,59 ^a	1,08 ^b	0,77 ^c
4,5-dimethyl-nonane	1157	0,63 ^a	nd	nd
3,4-Dimethyl- undecane	1216	0,84 ^a	nd	nd
Benzoic acid	1224	2,85 ^a	nd	nd
Octanoic acid (CAS) Caprylic acid	1237	nd	1,15 ^a	nd
Dodecane	1254	1,31 ^b	1,98 ^a	1,12 ^b
2,7,10-trimethyl- dodecane	1259	nd	0,54 ^a	nd
2,5-Dimethylundecane	1266	0,94 ^a	0,92 ^a	nd
2,6-Dimethyl-undecane	1269	nd	nd	0,82 ^a
2,3,6-Trimethyl-decane	1277	0,60 ^a	0,52 ^a	nd
Tetradecane	1299	nd	0,56 ^a	nd
Heptadecane	1305	nd	0,71 ^a	0,61 ^a
2,6,10,14-tetramethyl- Pentadecane	1311	0,64 ^a	0,65 ^a	0,60 ^a
4-methyl-tetradecane	1315	nd	0,51 ^a	0,56 ^a
9-methyl-nonadecane	1316	0,52 ^a	nd	nd
Eicosane	1321	nd	1,00 ^a	0,97 ^a
2,6,11,15-tetramethyl-Hexadecane	1338	nd	nd	1,34 ^a
2,6,10,15-tetramethyl-Heptadecane	1347	nd	0,57 ^a	0,55 ^a
2,4-dimethyl-Eicosane	1368	0,50 ^a	0,56 ^a	0,56 ^a
7,9-dimethyl-hexadecane	1385	0,64 ^a	nd	0,80 ^a
Capric acid	1430	0,53 ^a	nd	nd
Docosane	1462	nd	1,37 ^a	0,87 ^b
Ethyl vanilin (3-Ethoxy-4-hydroxybenzaldehyde)	1525	2,97 ^b	53,5 ^a	65,7 ^a

Farklı harfler kaplama örnekleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$)
nd: belirlenmemiştir

Bu çalışmada, inceltme işleminin daha çok aroma belirlemede en çok önem arz eden bileşenler üzerindeki etkisine vurgu yapılmıştır. Çikolata kaplama örneklerinin pirazin

konsantrasyonu % 1,31 ile % 3,66 arasında değişmiş olup, inceltmenin pirazin konsantrasyonuna etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Uçucu bileşen miktarının inceltme işlemi ile artışı, örneklerin yüzey alanının inceltme işlemi ile artmasıyla açıklanabilir. Bu çalışmadaki sonuçlar, konvansiyonel çikolata ile yapılan çalışmalara ait bulguları desteklemektedir. İnceltme işlemi ile ürün aromasında değişiklikler olsa da, çikolata üretiminde istenen aromanın elde edilebilmesi için uygulanması gereken asıl proses konçlamadır. Konçlama, son ürün aromasının gelişmesi açısından oldukça önemlidir. Bu proses aşamasında, örnekte kalıntı asit ve nem uzaklaştırılır, şeker kristallerinin yapısı ve ürün viskozitesi değiştirilir ve emülsifikasyondan ve taninlerin oksidasyonundan dolayı ürün renginde değişiklik gözlemlenir (Awua 2002, Reineccius 2006, Afoakwa 2008c).

Uçucu bileşenlerin hareketi (çikolatadan uzaklaşması) iki faz arasındaki konsantrasyon farkından kaynaklanmakta ve üretimde uygulanan inceltme işlemi, örneğin partikül boyutuna bağlı olarak üretim esnasındaki salınımını etkilemektedir (Beckett 2008). Afoakwa (2010) da örneğin partikül boyutunun azalması ile yüzey artışına bağlı olarak uçucu bileşenlerin serbest kalmasının kolaylaştığını belirtmiştir. Ziegler ve ark. (2001) küçük partikül boyuta sahip çikolata örneklerinin büyük partikül boyutlulara göre daha tatlı bir aromaya sahip olduğunu ve bu durumun nispi kristal boyutları ve erime davranışıyla ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir (Ziegler ve ark. 2001). Başka bir çalışmada partikül boyutunun model sistemlerde aroma salınımını etkilediği belirtilmiştir (Engelen ve Van der Bilt 2008). Üründe bulunan matriksin etkisi ve formülasyonda kullanılan yağ çeşidi de üründeki aromanın salınımını etkileyen faktörler arasında sayılabilir.

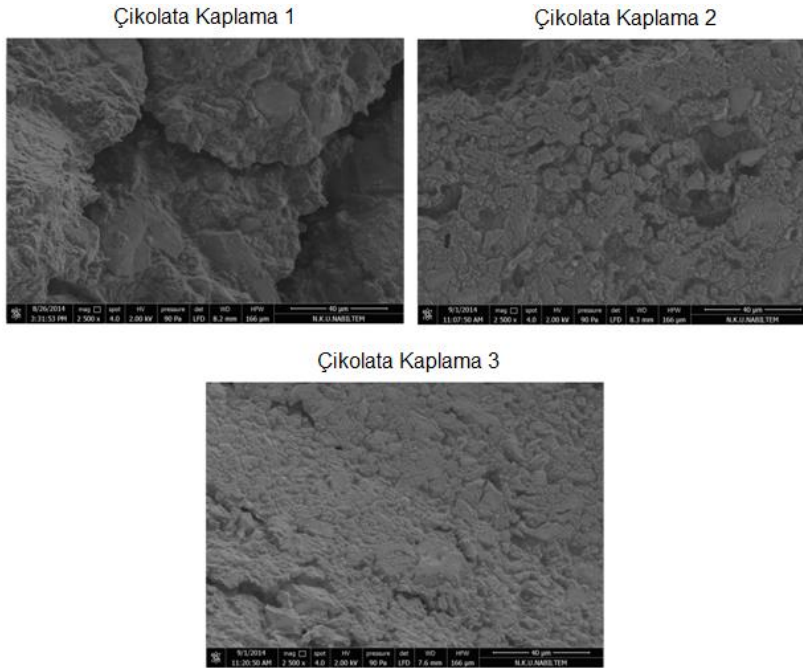
Yukarıda da ifade edildiği gibi pirazinlere ilave olarak önemli bir aroma maddesi olan benzil alkol de bu çalışmada kullanılan birinci, ikinci ve üçüncü incelticiden çıkan kaplama örneklerinde sırasıyla %15,5, %2,23 ve %1,84 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar sütlü (Afoakwa 2010) ve bitter çikolata (Counet ve ark. 2002) üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Asetik asit, kakao fermantasyonu sırasında oluşan istenmeyen aroma aktif bileşenler arasındadır. Çizelge 4.8.'den de görüldüğü gibi, partikül boyutunun azalması ile örneklerde bulunan asetik asit konsantrasyonu da azalmaktadır. Bu durum, inceltme işleminin aroma üzerindeki etkisini göstermektedir. Çikolata kaplama örneklerinin aromalarına ait sonuçlar incelendiğinde, kaplama örneklerinin aroması üzerinde inceltme işleminin de önemli bir etkisi

olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, üretim sırasında uygulanan inceltme işleminin seviyesinin belirlenmesinde, diğer çikolata kalite kaplama kriterleri gibi aroma bileşen konsantrasyonu da göz önünde bulundurulmalıdır.

4.1.8. İnceltme işleminin çikolata kaplamalarının mikroyapısal özelliklerine etkisi

Tez çalışmasının bu kısmında son olarak, İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin mikroyapısal özellikleri üzerindeki etkisi SEM (Scanning Electron Microscope) kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 4.8, çikolata kaplama örneklerine ait görüntüleri göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, çikolata kaplamasının mikroyapısal özellikleri, üretim sırasında uygulanan inceltme işleminden önemli derecede etkilenmektedir. Partikül boyut analiz sonuçlarının da desteklediği gibi, birinci incelticiden çıkan ($D_{90} = 58,3 \mu\text{m}$) çikolata kaplama örneklerinde diğer örneklere göre daha büyük partiküller bulunmaktadır. Ayrıca bu örnekte, diğer örneklere kıyasla daha fazla heterojenlik görülmektedir. Bu durum çikolata tüketimini olumsuz yönde etkileyecektir. Fakat partikül boyutu küçüldükçe, örneklerin daha homojen bir yapıya ulaştığı görülmektedir. Elde edilen şekiller incelendiğinde çizelgede (Çizelge 4.1) çikolata kaplama 1 diye adlandırılan en büyük partikül boyutuna sahip örneğin partikülleri arasında büyük boşluklar görülmektedir.



Şekil 4.8. İnceltme işleminin çikolata kaplama örneklerinin mikroyapısal özelliklerine etkisi

Reoloji sonuçlarının değerlendirildiği bölümde de (4.1.5) bahsedildiği gibi, partikül boyutu azaldıkça örnekte bulunan partiküller arası boşluklar azalmaktadır. Bu durum, moleküller arası etkileşimin artmasına ve buna bağlı olarak üründe meydana gelen iç sürtünmeden dolayı ürünün akışa karşı olan direncinde artışa neden olmaktadır. Özetle, çikolata kaplama örneklerinin mikroyapısal özellikleri reolojik sonuçlarını bire bir doğrulamaktadır.

4.2. Bilyalı Değirmen Mil Hızı ve Üretim Süresinin Çikolata Kaplamasının Kalite Özelliklerine Etkisinin Yanıt Yüzey Metodu Kullanılarak Modellenmesi

Tez çalışmasının bu aşamasında bilyalı değirmen mil hızı (40-60 rpm) ve üretim süresi (10-30 dakika) bağımsız değişkenlerinin çikolata kaplamasının partikül boyutuna, renk ve reolojik özelliklerine etkisi yanıt yüzey metodu kullanılarak belirlenmiştir.

4.2.1. Çikolata kaplamalarının partikül boyutu

Farklı üretim şartlarında üretilen çikolata kaplamalarının partikül boyutu Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Bilyalı değirmen mil hızının ve inceltme süresinin çikolata kaplamasının partikül boyutu ve renk özelliklerine etkisi

Hız (rpm)	Süre (dakika)	Partikül boyutu (μm)	Renk Özellikleri		
			L	C^*	h°
40	10	53,2 \pm 0,8 ^{Aa}	27,62 \pm 0,10 ^{Cb}	12,48 \pm 0,10 ^{Bb}	3,94 \pm 0,47 ^{Bb}
	20	41,3 \pm 0,3 ^{Ba}	30,07 \pm 0,13 ^{Bc}	12,88 \pm 0,25 ^{Bb}	3,49 \pm 0,04 ^{Bb}
	30	25,7 \pm 0,6 ^{Ca}	31,58 \pm 0,28 ^{Ab}	13,22 \pm 0,04 ^{Ab}	7,80 \pm 0,64 ^{Ac}
50	10	40,5 \pm 0,4 ^{Ab}	31,43 \pm 0,46 ^{Ca}	15,09 \pm 0,07 ^{Ba}	12,13 \pm 0,77 ^{Ca}
	20	22,5 \pm 0,6 ^{Bb}	33,17 \pm 0,30 ^{Bb}	15,38 \pm 0,15 ^{Aa}	14,94 \pm 0,41 ^{Ba}
	30	16,9 \pm 0,3 ^{Cb}	35,07 \pm 0,32 ^{Aa}	15,37 \pm 0,07 ^{Aa}	16,96 \pm 0,32 ^{Ab}
60	10	33,1 \pm 1,1 ^{Ac}	31,49 \pm 0,15 ^{Ca}	15,04 \pm 0,04 ^{Ba}	11,17 \pm 0,15 ^{Ca}
	20	17,2 \pm 0,3 ^{Bc}	33,94 \pm 0,12 ^{Ba}	15,35 \pm 0,11 ^{Aa}	15,87 \pm 0,72 ^{Ba}
	30	12,4 \pm 0,2 ^{Cc}	35,83 \pm 0,34 ^{Aa}	15,47 \pm 0,25 ^{Aa}	18,65 \pm 0,91 ^{Aa}

Farklı büyük harfler, sabit hızdaki süreler arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($p < 0,05$).

Farklı küçük harfler, sabit sürelerdeki hızlar arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($p < 0,05$).

Çizelgeden görüldüğü gibi mil hızı ve inceltme süresinin her ikisi de kaplamanın partikül boyutunu önemli derecede etkilemektedir ($p < 0,05$). Farklı koşullarda üretilen çikolata kaplamalarının partikül boyutu 12,4 ve 53,2 μm arasında değişiklik göstermiştir. Mil hızı 40 rpm'de üretilen çikolata kaplamalarının partikül boyutu 53,2 ile 45,7 μm arasında

bulunmuşken; 50 rpm’de üretilen örneklerin 40,5 ile 16,9 µm arasında ve 60 rpm’de üretilen kaplamalarda ise bu parameter 33,1 ve 12,4 µm arasında bulunmuştur. Beklenildiği gibi üretilen çikolataların partikül boyutu mil hızı ve inceltme süresi arttıkça azalmaktadır. Elde edilen veriler, yanıt yüzey metodu kullanılarak modellenmiş ve oluşturulan model ile ilgili parametreler Çizelge 4.10’da özetlenmiştir.

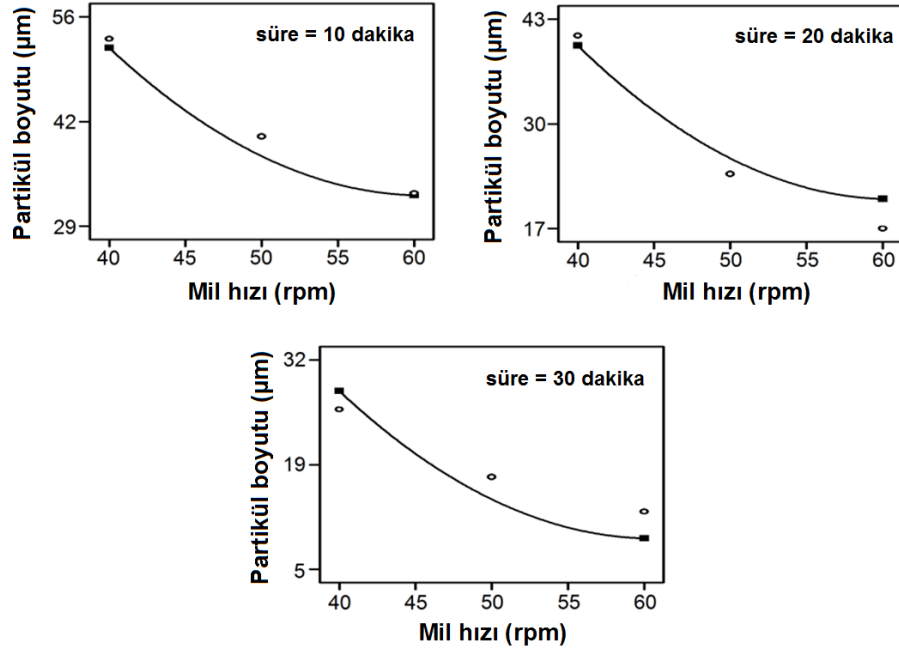
Çizelge 4.10. Modelleme sonucu oluşturulan regresyon eşitliğine ait F değerleri ve model parametrelerinin önem derecesi

Değişim kaynağı	Partikül boyutu	L	C^*	h^o	η
Model	44,70 ^a	105,1 ^a	199,2 ^a	54,12 ^a	56,90 ^a
x_1 (hız)	50,64 ^a	138,0 ^a	403,6 ^a	104,0 ^a	114,2 ^a
x_2 (süre)	78,96 ^a	136,8 ^a	16,0 ^a	29,3 ^a	92,1 ^a
x_1x_2	-	-	-	-	9,21 ^b
x_1x_1	4,48 ^c	40,5 ^a	178,0 ^a	29,1 ^a	12,0 ^b
x_2x_2	-	-	-	-	-
Uyumsuzluk	0,2209	0,9282	0,5327	0,5220	0,0833
R^2	0,9572	0,9813	0,9901	0,9644	0,9785
Adj- R^2	0,9358	0,9720	0,9851	0,9465	0,9613
Pred- R^2	0,8798	0,9573	0,9718	0,8874	0,8613
Adeq pred	20,66	30,26	31,75	20,15	23,42

^a $p \leq 0,01$; ^b $p \leq 0,05$; ^c $p \leq 0,1$

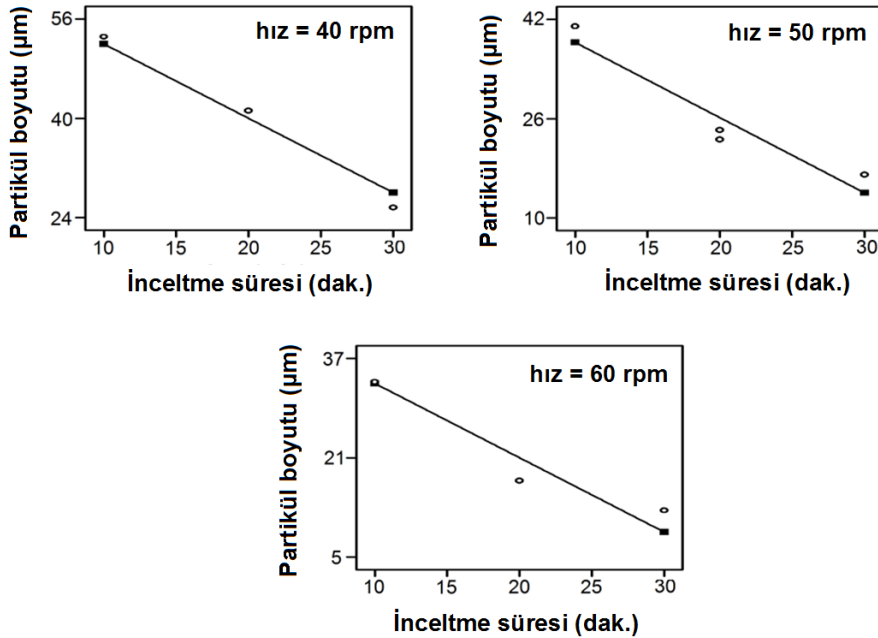
Adj- R^2 : Düzeltilmiş R^2 ; Pred- R^2 : Tahmin edilmiş R^2 ; Adeq pred: Uygun duyarlık

Çizelgeden görüldüğü gibi elde edilen modele ait R^2 ve adj- R^2 değerleri sırasıyla 0,9572 ve 0,9358 olarak bulunmuştur. Bu iki R^2 değerinin birbirlerine yakın bulunması oluşturulan model eşitliğinde bulunan tüm parametrelerin model için gerekli olduğunu göstermektedir (Cam ve Aaby 2010). Bilyalı öğütücü mil hızının ve üretim süresinin doğrusal etkisi ve mil hızının kuadratik etkisi modelde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10). Farklı inceltme sürelerinde üretilmiş çikolata kaplamalarının partikül boyutuna ilyalı öğütücü mil hızının etkisi Şekil 4.9’da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi belirlenen bütün inceltme sürelerinde çikolata kaplamalarının partikül boyutunun bilyalı öğütücü mil hızına bağlı değişimi birbirlerine çok benzemektedir. Grafiklerin davranışı etkilendiğinde mil hızı 40 rpm ve 50 rpm arasında kaplamaların partikül boyutunda keskin bir azalma gözlemlenmiştir ve daha yüksek rpm değerlerinde bu azalma hızı düşmüştür. Diğer bir ifadeyle 40 ve 50 rpm arasındaki mil hızının kaplamaların partikül boyutuna etkisi 50 rpm’den daha yüksek hızlara kıyasla daha fazla bulunmuştur.



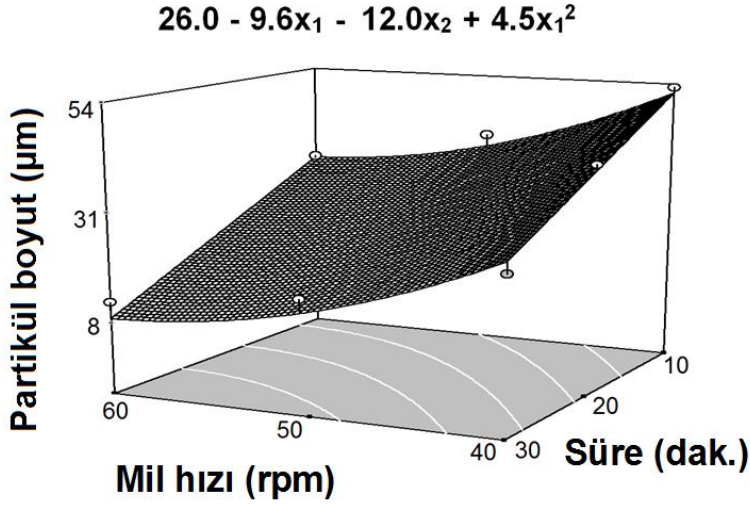
Şekil 4.9. Farklı inceltme sürelerinde üretilmiş çikolata kaplamalarının partikül boyutuna bilyalı öğütücü mil hızının etkisi

Farklı mil hızlarında (40, 50 ve 60 rpm) çikolata kaplamalarının partikül boyutunun inceltme işleminin bir fonksiyonu olarak değişimi, Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Farklı mil hızlarında üretilmiş çikolata kaplamalarının partikül boyutuna inceltme süresinin etkisi

Şekilden de görüldüğü gibi bütün mil hız seviyelerinde kaplamamanın partikül boyutu üretim periyodu arttıkça doğrusal olarak azalmıştır. Deneysel sonuçlar incelendiğinde partikül boyut azalması ile bilyalı öğütücü mil hızı arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Yani mil hızı arttıkça çikolata partikül boyutundaki azlama hızı da artmaktadır. Mil hızının ve inceltme süresinin kaplamamanın partikül boyutuna eş zamanlı etkisi, Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

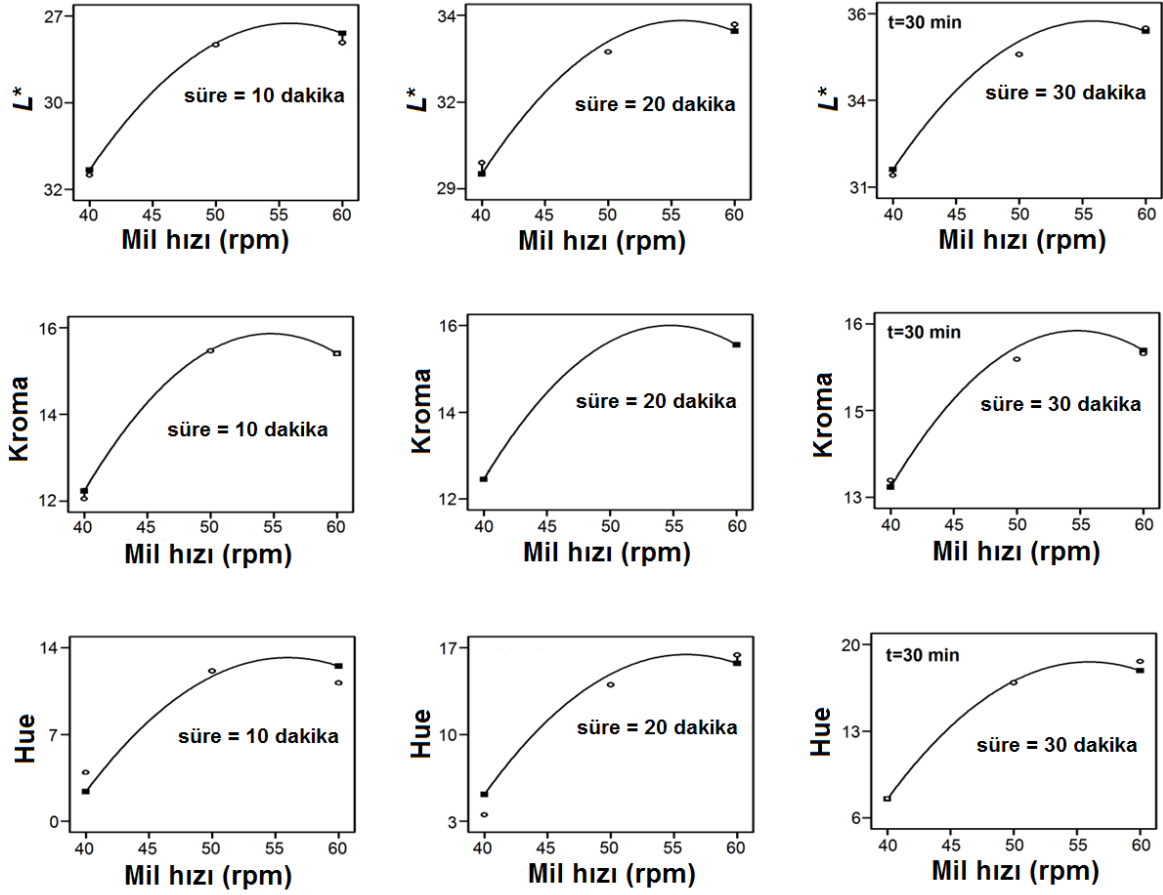


Şekil 4.11. Çikolata kaplamalarının partikül boyutuna mil hızının ve inceltme süresinin etkisi (x_1 : mil hızı, x_2 : inceltme süresi)

Grafiğin üzerinde yer alan eşitlik elde edilen model eşitliğini göstermektedir. Eşitlikte bulunan mil hızı ve inceltme süresi parametrelerinin başında yer alan negative işaret ve grafik, mil hızı ve üretim süresi arttıkça çikolata partikül boyutunun azaldığını göstermektedir. Çikolataların partikül boyutunun, ürünün reolojik ve tekstürel özellikleri (Chevalley 1999, Beckett 2000, Afoakwa ve ark. 2008d), duyu özellikleri (Ziegler ve ark. 2001) ve erime özellikleri (Afoakwa ve ark. 2008d) üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda, üretim prosesinin optimize edilerek çikolatanın partikül boyutunun ayarlanması arzu edilen kalitede ürün üretilebilmesi açısından oldukça önemlidir. Elde edilen sonuçlar, ürün partikül boyutunun bilyalı öğütücü mil hızı ve inceltme süresi ile kontrol edilebileceğini ve oluşturulan modelin ekstra maliyet gerektirmeden ürün üretiminde kullanılabileceğini göstermektedir.

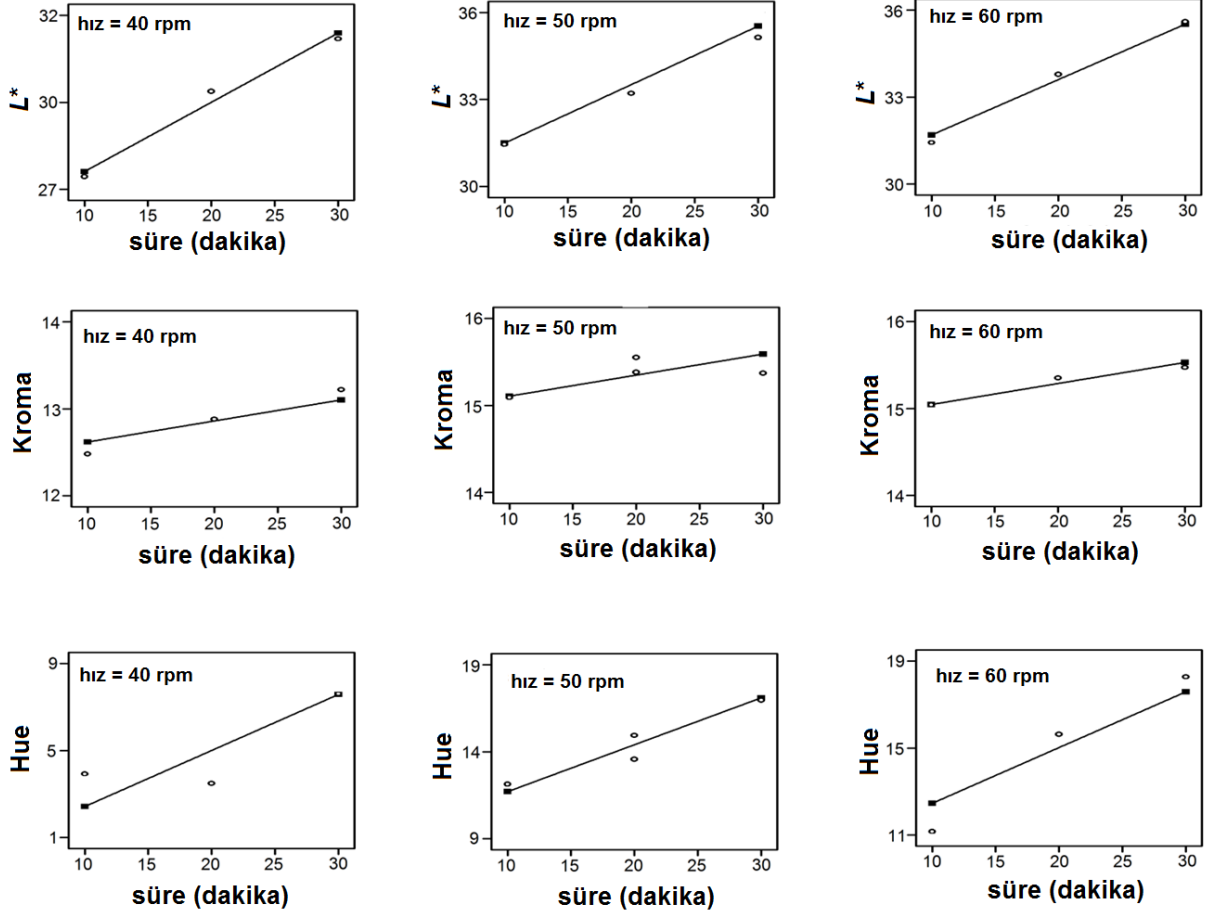
4.2.2. Çikolata kaplamalarının renk özellikleri

Farklı üretim koşullarında üretilen çikolata kaplama örneklerine ait renk parametreleri Çizelge 4.9’da özetlenmiştir. Üretilen çikolata kaplamalarının parlaklık (L), kroma (C^*) ve hue (h°) değerleri sırasıyla 27,62-35,83, 12,48-15,47 ve 3,94-18,65 değerleri arasında bulunmuştur. Sonuçlardan da görüldüğü gibi genel olarak üretim prosesi çikolata kaplamasının renk özelliklerini önemli derecede etkilemiştir. L , C^* ve h° değerlerinin bilyalı değirmen mil hızı ve inceltme süresi arttıkça arttığı belirlenmiştir. Yani genel olarak çikolata kaplama örneklerine ait renk parametrelerini mil hızı ve inceltme süresi istatistiksel açıdan önemli derecede etkilemektedir ($p < 0,05$). Renk parametrelerinin üretim prosesine yani mil hızı ve üretim süresine bağlı olarak değişimini modelleyebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmıştır. Elde edilen modelde bulunan parametrelerin önem dereceleri Çizelge 4.10’da gösterilmiştir. Oluşturulan modele ait R^2 ve adj- R^2 değerleri L için 0,9572 ve 0,9358; C^* değerleri için 0,9901 ve 0,9851; C^* değerleri için 0,9901 ve 0,9851; h° değerleri için 0,9644 ve 0,9465 olarak bulunmuştur. Hesaplanan R^2 değerlerinin bire yakın bulunması, deneysel sonuçlar ile modelden tahmin edilen sonuçların birbirlerine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Sonuçlardan görüldüğü gibi R^2 ve adj- R^2 değerlerinin birbirlerine yakın olması ise model içerisinde yer alan parametrelerin hepsinin gerekli olduğunu göstermektedir. Modelde yer alan terimlerin gerekliliği de modelleme sırasında uygulanan backward eliminasyon prosesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü bu proses ile modelde yer alması muhtemel parametreler elimine edilmektedir. Çizelge 4.10’dan görüldüğü gibi doğrusal terimlerin her ikisi ile mil hızının kuadratik etkisi oluşturulan modelde önemli bulunmuştur. Farklı inceltme sürelerindeki bilyalı öğütücü mil hızının renk parametrelerinin değişimi üzerine etkisi Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Şeilden de anlaşılabilirdiği gibi analiz edilen bütün renk parametreleri, mil hızı değişiminden benzer derecede etkilenmiştir. Renk parametrelerinin değerlerinde yaklaşık olarak 55 rpm’e kadar artış gözlemlenmişken 55 rpm’den itibaren mil hızı arttıkça L^* , kroma ve hue değerlerinde azalma görülmüştür.



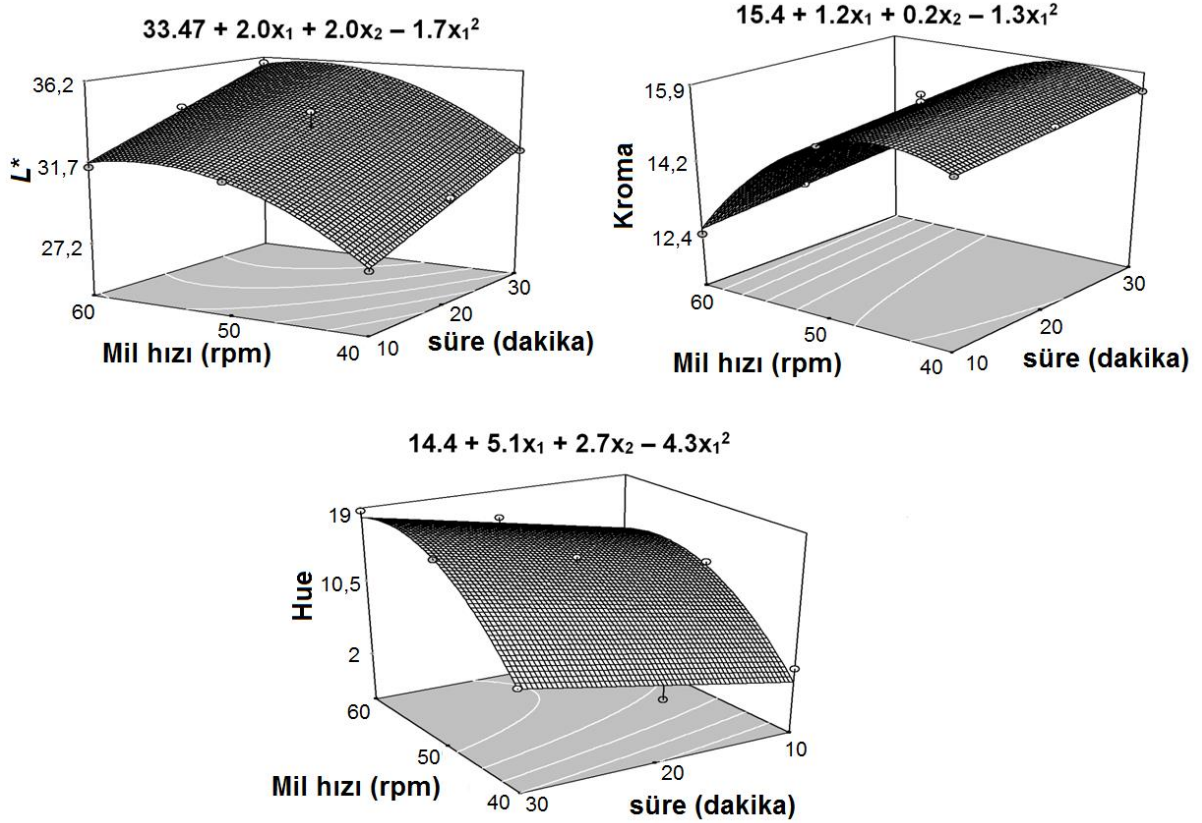
Şekil 4.12. Farklı inceltme sürelerindeki bilyalı öğütücü mil hızının renk parametreleri üzerine etkisi

Sabit mil hızında çikolata kaplamasının renk özelliklerine inceltme süresinin etkisi Şekil 4.13’de özetlenmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi inceltme süresi arttıkça renk parametrelerinde doğrusal bir artış gözlemlenmektedir. Çikolata kaplamasının renk parametrelerindeki değişim gözönünde bulundurulduğunda kroma değerinin üretim süresinden en az etkilenen renk parametresi olduğu görülmektedir. Bilyalı öğütücü mil hızının kaplama örneklerinin renk parametrelerinin inceltme süresine bağlı olarak değişimi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. Bilyalı değirmen mil hızı ile inceltme süresinin çikolata kaplamasının renk parametreleri üzerine etkisi de Şekil 4.14’da gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi kaplama örneklerinin renk özellikleri üretim prosesinden önemli derecede etkilenmektedir. Renk parametrelerinden olan L^* , C^* ve h^o değerlerinin partikül dağılımından, soğurma katsayısından ve dağılım faktörü veya katsayısından etkilendiği belirtilmiştir (Hutchings 1994).



Şekil 4.13. Farklı mil hızlarında çikolata kaplama renk parametrelerinin inceltme süresine bağlı olarak değişimi

Bilindiği ve önceki kısımlarda belirtildiği gibi çikolata üretiminde en önemli üretim proseslerinden olan inceltme işlemi partikül boyutunda küçülmeye neden olarak yüzey alanının artmasını, partikül çapının azalmasını ve moleküllerarası etkileşimin artmasını sağlar. Bundan dolayı istenilen inceltme işlemi ile üretilmiş çikolata örnekleri daha yoğun olur ve daha fazla ışığın dağılımını sağlar ve bundan dolayı da büyük partikül çaplı çikolatalara kıyasla daha parlak görünür (Afoakwa 2010). Bu durum çikolata kaplama örneklerinin renk parametrelerinin mil hızı ve inceltme süresi artışına bağlı olarak artmasının sebebidir. Bir gıda materyalinin renginin tüketici kabul edilebilirliği açısından önemi gözönünde bulundurulursa, üretim prosesinin ürün renk özelliklerini de dikkate alarak optimize edilmesi ürünün renk özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılan hammadde miktarlarının azaltılmasına sebep olabilir.



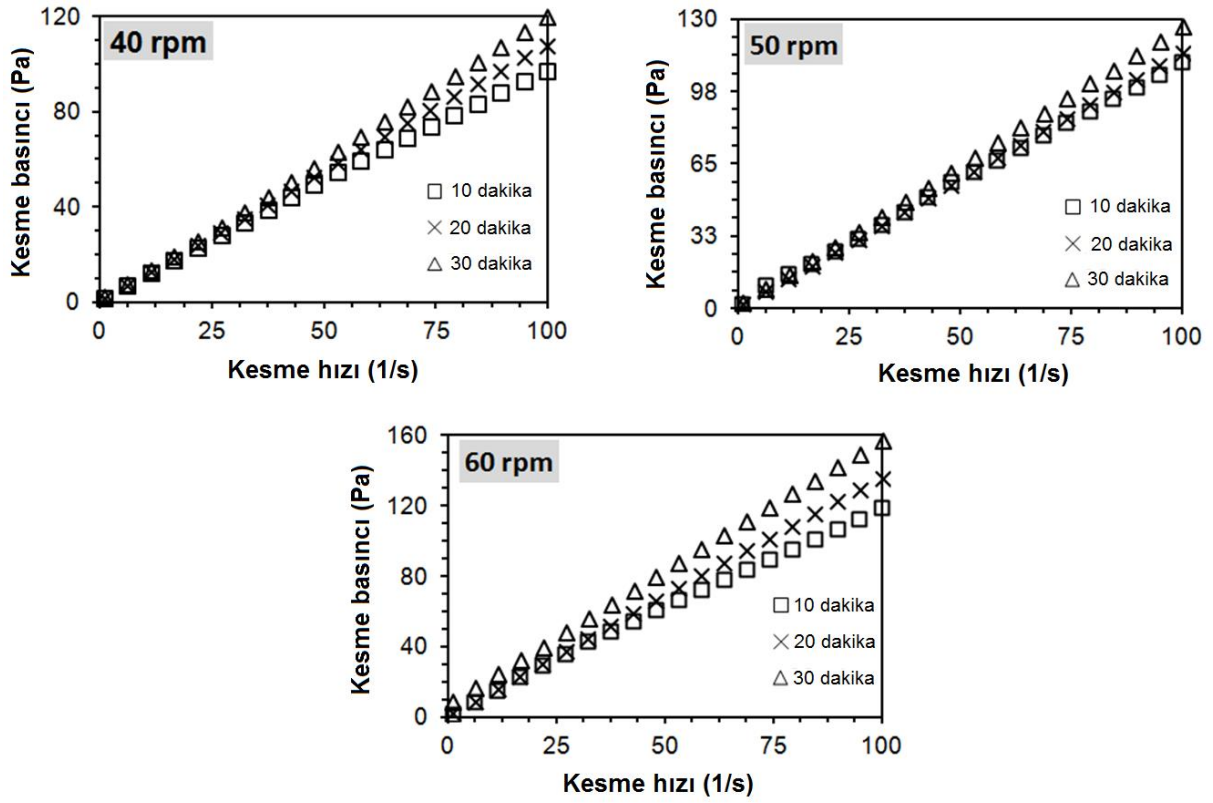
Şekil 4.14. Çikolata kaplama renk parametrelerinin mil hızı ve inceltme süresine bağlı değişimi

4.2.3. Çikolata kaplamalarının reolojik özellikleri

Tez çalışmasının bu aşamasında farklı üretim koşullarında üretilen çikolata kaplama örneklerinin yatışkan faz reolojik özellikleri ve viskozitenin sıcaklığa bağlı değişimi belirlenmiştir.

Bilyalı değirmen üretim prosesinin çikolata kaplamasının reolojik davranışlarına etkisi, Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Şekil 4.15, çikolata kaplama örneklerine ait kesme hızına bağlı olarak kesme basıncı değerlerini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi kesme hızı ile kesme basıncı arasında sabit bir eğim görülmektedir. Viskozite değerinin kesme basıncı ile kesme hızının arasındaki oran olduğu gözönünde bulundurulduğunda elde edilen sabit eğim çikolata kaplama örneklerinin Newtonian davranışa sahip olduğunu göstermektedir (Eşitlik 5). Yani başka bir ifadeyle çikolata kaplama örneklerinin viskozite değeri kesme hızı arttıkça değişmemektedir. Fakat literatür ve tez çalışmasının önceki kısmında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, çikolata ve çikolata kaplama örneklerinin akma basıncı (yield stress) ve plastik

viskozite parametreleri ile ifade edilebilen non-Newtonian akış davranışına sahip olduğu belirtilmiştir (Ziegler ve Hogg 1999, Beckett 2010, Afoakwa ve ark. 2008e).



Şekil 4.15. Bilyalı değirmen üretim şartlarının çikolata kaplamalarının akış davranışına etkisi

Çikolata formülasyonu son ürün akış davranışı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Glicerina ve ark. (2016) Ostwald de Waele, Casson ve Windhab modellerinin sırasıyla bitter, sütlü ve beyaz çikolatanın akış davranışını tanımlayan en iyi modeller olduğu belirtilmiştir. Daha önceki çalışmalarda Bingham, Herschel-Bulkley, Power law ve Casson modellerinin erimiş çikolatanın akış davranışına uygunluğu belirtilmiştir (Chevalley 1999, Servais ve ark. 2004, Abbasi ve Farzanmehr 2009). Hidrokolloidlerin düşük yağlı çikolata dolgularının kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, formülasyonunda hidrokolloid bulundurmeyen örneğin akış davranışının Newtonian'a yakın olduğu ($n > 0,87$) belirtilmiştir (Dias ve ark. 2015). Bu konu ile ilgili gerçekleştirilen çok sayıda çalışma sonuçlarından anlaşıldığı gibi farklı modellerin çikolata ve çikolata ürünlerinin akış davranışını tanımladığı belirtilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde iki temel faktörün çikolata örneklerinin reolojik karakteristiğini etkilediği belirtilmiştir: i.) Formülasyon (yağ çeşidi ve konsantrasyonu, emülgatör çeşidi ve konsantrasyonu, partikül boyut dağılımı) ii.) Üretim prosesi (inceltme, konçlama ve temperleme) (Vavreck 2004, Schantz ve Rohm 2005, Afoakwa ve ark. 2009).

Bundan dolayı formülasyon ve üretim prosesinin dikatli bir şekilde optimize edilmesi gerekmektedir. Aksi halde optimum viskoziteden yüksek veya düşük örnekler kalıplama veya kaplama aşamasında kalite bozukluklarına sebep olurlar (Do ve ark. 2007).

Elde edilen verilerin Newtonian model eşitliğine uyarlanması sonucunda hesaplanan parametreler Çizelge 4.11’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.11. Mil hızı ve inceltme süresinin çikolata kaplamasının reolojik özelliklerine etkisi

Hız (rpm)	Süre (dakika)	<i>Newton model</i>		<i>Arhenius model parametreleri</i>		
		η (Pa.s)	R^2	η_0 (Pa.s)	E_a (J/mol K)	R^2
40	10	0,992 ± 0,008 ^{Cc}	0,9986	0,1084	765,0	0,9937
	20	1,096 ± 0,005 ^{Bc}	0,9995	0,1241	751,1	0,9936
	30	1,186 ± 0,008 ^{Ac}	0,9996	0,1372	742,0	0,9952
50	10	1,074 ± 0,009 ^{Cb}	0,9944	0,1201	755,8	0,9943
	20	1,153 ± 0,009 ^{Bb}	0,9997	0,1299	751,7	0,9947
	30	1,281 ± 0,005 ^{Ab}	0,9997	0,1567	721,5	0,9968
60	10	1,208 ± 0,011 ^{Ca}	0,9970	0,1280	776,6	0,9932
	20	1,350 ± 0,023 ^{Ba}	0,9979	0,1490	764,6	0,9958
	30	1,609 ± 0,026 ^{Aa}	0,9966	0,3206	534,6	0,9534

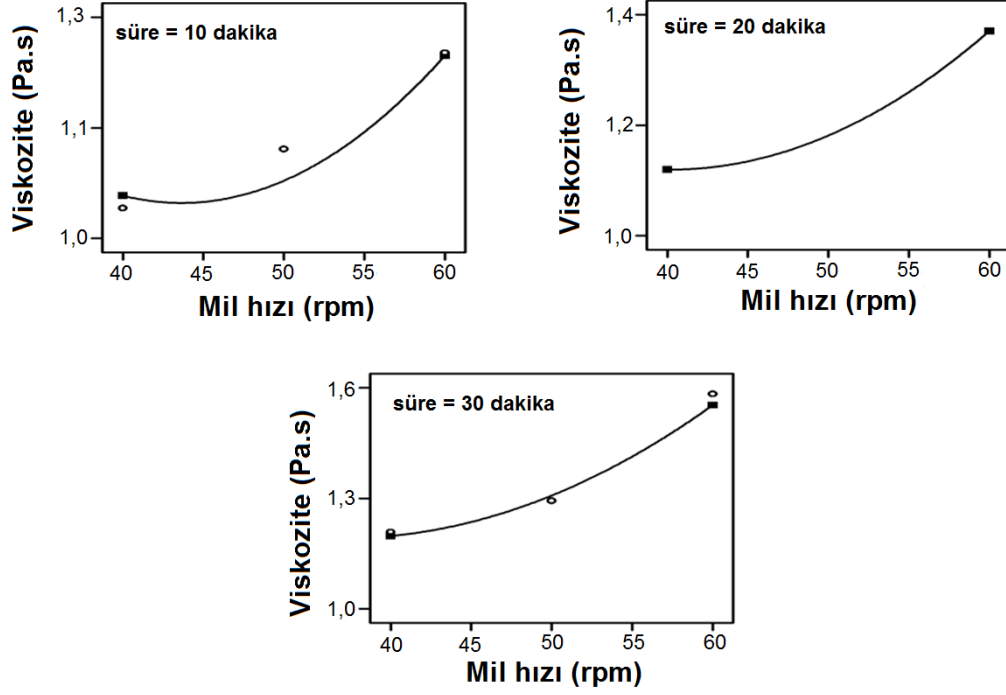
Farklı büyük harfler, sabit hızdaki süreler arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($p < 0.05$).

Farklı küçük harfler, sabit sürelerdeki hızlar arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($p < 0.05$).

Çizelgeden görüldüğü gibi Newton modeli için hesaplanan R^2 değerleri 0,9944 ve 0,9997 arasında bulunmuştur. Görüldüğü gibi R^2 değerleri bire oldukça yakın bulunmuştu ve bu sonuçta çikolata kaplama örneklerinin akış davranışını Newton modelinin başarılı şekilde açıkladığını göstermektedir. Kaplama örneklerinin η değeri, 0,992 ve 1,609 Pa.s arasında değişmiştir. Çikolata kaplama örneklerinin viskozite değeri, mil hızı ve inceltme süresi arttıkça artmaktadır. Viskozitedeki bu artış inceltme işleminin partiküller arası yapı oluşumunu sağladığı ve bu yapının da örneklerin akışa karşı gösterdiği direnci artırmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca inceltme prosesi ile yapıda oluşan kümeleşme de akışa karşı direnci artırır (Glicerina ve ark. 2013). Daha önce de belirtildiği gibi çikolata kaplamasının partikül boyutunun azalması partiküller arası daha fazla temas noktalarının olmasına neden olarak viskozitenin artmasına neden olur (Glicerina ve ark. 2013).

Yanıt yüzey metodu elde edilen verilere uyarlanarak çikolata kaplamalarının viskozitelerinin değişimi mil hızı ve inceltme süresine bağlı olarak modellenmiştir. Oluşturulan modelin başarısını ve yeterliliğini gösteren parametreler, Çizelge 4.10’da özetlenmiştir.

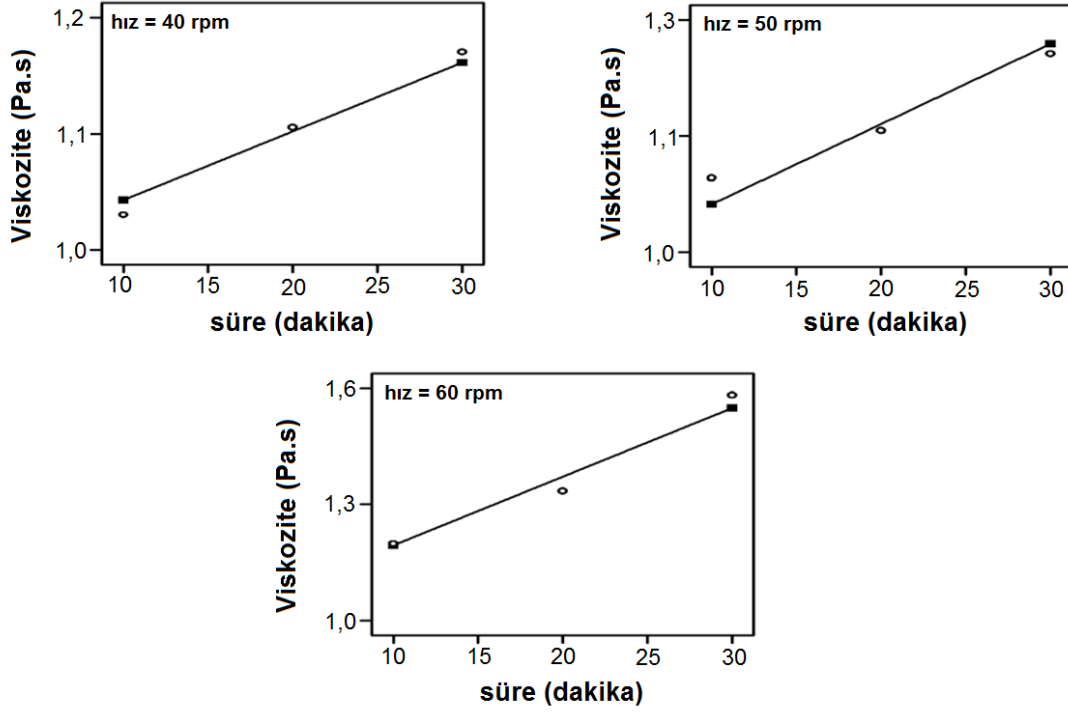
Çizelgede görüldüğü gibi η parametresi için oluşturulan modele ait R^2 ve adj- R^2 değerleri sırasıyla 0,9785 ve 0,9613 olarak bulunmuştur. Mil hızı ve inceltme süresinin doğrusal etkisi, bu iki bağımsız değişkenin interaksiyonu ve mil hızının kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Bilyalı değirmen mil hızının farklı inceltme sürelerinde η değeri üzerindeki etkisi Şekil 4.2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Mil hızının çikolata kaplama viskozitesi üzerine farklı inceltme sürelerindeki etkisi

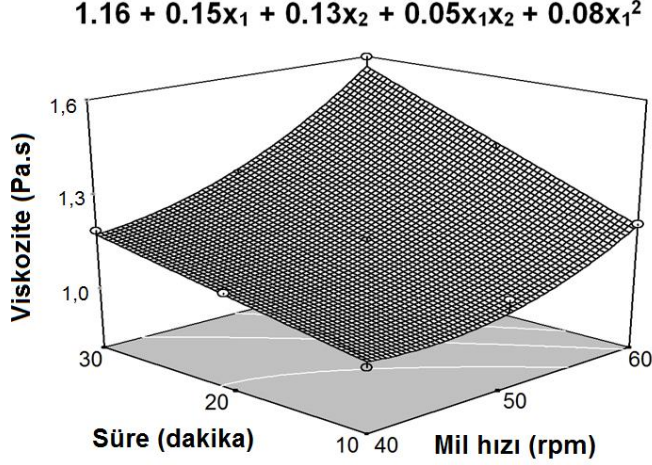
Yukarıda da belirtildiği gibi şekilden de görüldüğü gibi mil hızı arttıkça viskozite de artmaktadır. Grafikler incelendiğinde mil hızına bağlı olarak viskozite artış hızı ve davranışı inceltme süresine bağlı olarak değişmektedir. İnceltme süresi 10 dakikada, 45 rpm’lik mil hızına kadar mil hızına bağlı olarak viskozitede önemli bir değişim gözlemlenmemiştir fakat 50 rpm’den sonra önemli artış gözlemlenmiştir. Süre arttıkça 45 rpm’e kadarki artış eğiminde de artma gözlemlenmiştir. Ayrıca viskozitenin mil hızına bağlı olarak artış grafikleri incelendiğinde artış eğiminin mil hızına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Başka bir ifadeyle viskozite ile mil hızı arasında doğrusal bir ilişki bulunmamıştır. Bütün sürelerde 50 rpm’e kadar viskozite artışı çok az iken 50 rpm’den yüksek değerlerde artış hızı artmıştır.

Analiz edilen diğer parametrelerde olduğu gibi kaplama viskozitesi de Şekil 4.17’den de görüldüğü gibi inceltme süresi arttıkça doğrusal olarak artmıştır.



Şekil 4.17. İnceltme süresinin çikolata kaplama viskozitesi üzerine farklı mil hızlarındaki etkisi

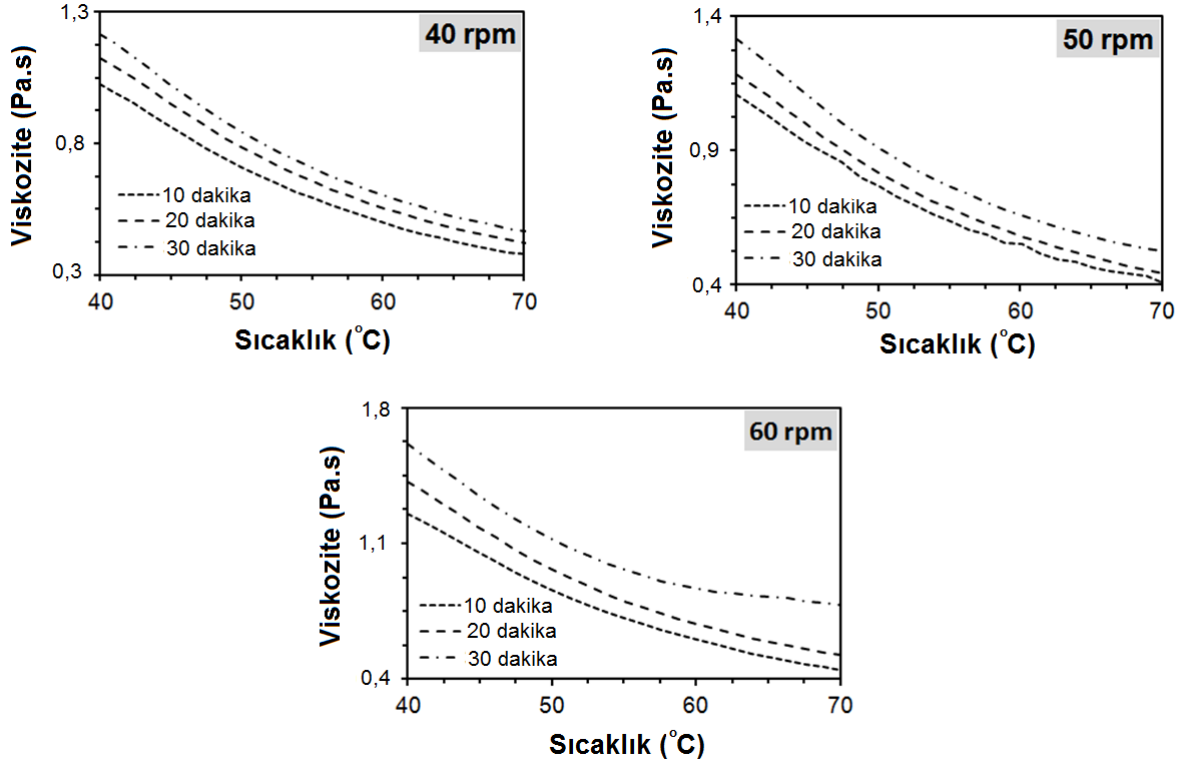
Grafikler incelendiğinde 40 ve 50 rpm'deki artış hızı birbirlerine çok yakındır ve neredeyse 60 rpm deki artış hızı 40 ve 50 rpm'dekilere göre 2 kattır. İnceltme süresi ve kaplama viskozitesi arasındaki doğrusal ilişki kullanılarak çikolata kaplamasında istenilen viskozite değerini elde edebilmek için üretim süresi ayarlanabilir. Mil hızı ve inceltme süresinin çikolata kaplama viskozitesi üzerindeki kombine etkisi de Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Grafik üzerindeki eşitlikteki bağımsız parametrelere ait katsayı önündeki pozitif işaret viskozitenin mil hızı ve inceltme süresi arttıkça arttığını göstermektedir. Farklı mil hızlarında üretilen çikolata kaplamalarının viskoziteleri karşılaştırıldığında inceltme işleminde oluşan yapının mil hız seviyesine bağlı olduğu görülmüştür. Örnek olarak 40 rpm'de 30 dakikada, 50 rpm'de 20 dakikada ve 60 rpm'de 10 dakikada üretilen kaplamaların partikül boyutları sırasıyla 25,7 μm , 22,5 μm ve 33,1 μm olarak bulunmuştur. Sadece partikül boyutu ile viskozite arasındaki ilişki dikkate alınırsa yukarıda belirtilen kaplamaların viskozite değerleri büyükten küçüğe doğru: ikinci kaplama > birinci kaplama > üçüncü kaplama olarak sıralanması gerekirdi. Fakat deneysel veriler dikkate alınırsa bu sıralamanın üçüncü kaplama > birinci kaplama > ikinci kaplama olarak değiştiği görülmektedir. Bu zıt sıralama mil hızının çikolata kaplamasında yapı oluşumunu önemli derecede etkilediği görülmektedir. Reolojik parametrelerin üretim prosesine bağlı olarak modellenmesi proses parametrelerin optimizasyonunda kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 4.18. Çikolata kaplama viskozitesi üzerine mil hızı ve inceltme süresine bağlı değişimi

Çikolata viskozitesinin karıştırma, ısıtma, pompalama, taşıma ve depozitleme aşamalarında çok önemlidir (Sevais ve ark. 2002). Erimiş çikolatanın viskozitesinin temperleme, konçlama, kalıplama ve kaplama proseslerinde kullanılabilmesi için yeterince düşük olması gerekmektedir (Do ve ark. 2007). Bundan dolayı, üretim prosesinin kontrolü istenilen kalitede ürün üretimi açısından oldukça önemlidir.

Proses sıcaklığının da üretim sırasında dikkate alınması gereken önemli bir parameter olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı da bu kısımda farklı üretim koşullarında üretilen çikolata kaplamalarının viskozite değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi incelenmiştir. Çikolata kaplamalarının sıcaklığa bağlı değişimi, Şekil 4.19'de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi örneklerin viskozitesi sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Bu durum önceki kısımda da belirtildiği gibi sıcaklık arttıkça kaplamalarda bulunan moleküller arası kuvvetlerin moleküller arası mesafenin artması ile azalmasından kaynaklanmaktadır. Elde edilen sıcaklığa bağlı viskozite verileri, Arrhenius eşitliğine (Eşitlik 6) uyarlanmıştır ve ilgili model parametreleri, Çizelge 4.11'de özetlenmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi R^2 değerleri, 0,9534 ve 0,9968 arasında bulunmuştur. R^2 değerlerinin bire yakın olması modelden elde edilen tahmini verileri ile deneysel verilerin birbirlerine yakın olduğunun göstergesidir. Örneklerin viskozitesinin sıcaklık değişimine karşı stabilitesini ifade eden E_a (aktivasyon enerjisi) değerleri, 534,6 ve 776,6 J/mol K arasında bulunmuştur.



Şekil 4.19. Farklı üretim proseslerinde üretilen çikolata kaplamalarının viskozitesinin sıcaklığa bağlı değişimi

E_a değerleri bütün mil hızlarında inceltme süresi arttıkça azalmaktadır. Bu durum örneklerin viskozite değerinin sıcaklığı bağlı değişimi üretim süresi arttıkça daha kolay olduğunu göstermektedir. Aynı inceltme sürelerinde E_a değerinin mil hızına bağlı olarak değişimi incelendiğinde bu iki parameter arasında düzgün bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir. Viskozitenin sıcaklığa bağlı olarak tahmini proses sıcaklığının optimizasyonu açısından oldukça önemlidir. İstenilen kalitede ürün elde edebilmek için prosesin istenilen şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli ürün viskozitesinin bilinmesi halinde proses sıcaklığı bu tarz bir model kullanılarak kolay bir şekilde optimize edilebilir. Bu şekilde sıcaklık optimizasyonu, prosesin kolay ve efektif bir şekilde gerçekleşmesi açısından çok önemlidir.

4.3. Farklı Yağların Çikolata Kaplamalarının Kalite Kriterlerine Etkisi

Tez çalışmasının bu kısmında, çikolata kaplama formülasyonunda bulunan toplam yağ miktarı üzerinden % 2,5, % 5,0, % 7,5 ve % 10 oranlarında farklı yağlar (palm olein, tereyağı, fındık, ayçiçeği, kanola, hindistan cevizi, mısır, soya, pamuk ve palm çekirdeği yağları), palm stearin ile karıştırılarak çikolata kaplama üretimleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çikolata

kaplama üretiminde yaygın olarak kullanılan 2 adet kaplama yağı kullanılarak 2 adet kontrol örneği üretilmiştir. Bu kısımda üretilen çikolata kaplamalarının renk özellikleri (L^* , hue ve kroma değerleri), tekstürel özellikleri (sertlik ve esneklik), erime profilleri ve reolojik özellikleri (yatışkan faz reolojik özellikleri ve sıcaklık taraması) belirlenmiştir.

4.3.1. Yağların yağ asidi profili

Çikolata kaplama formülasyonunda kullanılan yağların yağ asit profili belirlenmiş ve yağların doymuş yağ asidi içeriği Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü ve beklenildiği gibi yağların doymuş yağ asidi içeriğinde önemli derecede farklılıklar görülmektedir. Palm stearin, palm çekirdeği ve hindistan cevizi yağının temel doymuş yağ asidi $C_{12:0}$ (laurik asit) yağ asididir. Analiz edilen diğer yağlarda ise en fazla bulunan doymuş yağ asidi $C_{16:0}$ (palmitik asit)’dir.

Çizelge 4.12. Yağların doymuş yağ asidi içeriği (%)

Yağlar	$C_{4:0}$	$C_{6:0}$	$C_{8:0}$	$C_{10:0}$	$C_{12:0}$	$C_{14:0}$	$C_{15:0}$	$C_{16:0}$	$C_{18:0}$	$C_{20:0}$	$C_{22:0}$
Palm stearin	-	-	1,65	2,58	54,3	21,9	-	9,31	9,85	-	-
Palm olein	-	-	-	-	0,52	1,08	-	35,0	3,75	0,19	-
Palm kernel	-	0,2	3,53	3,15	39,9	12,4	-	11,2	2,82	-	-
Tereyağı	1,42	1,37	1,03	2,71	3,50	11,6	1,22	34,0	9,87	-	-
H. cevizi yağı	-	0,42	6,40	5,60	47,0	17,8	-	9,68	3,73	-	-
Ayçiçek yağı	-	-	-	-	-	-	-	6,32	3,39	0,13	0,70
Kanola yağı	-	-	-	-	-	-	-	4,85	1,71	0,36	-
Pamuk yağı	-	-	-	-	-	0,67	-	22,2	2,58	-	-
Mısır yağı	-	-	-	-	-	-	-	10,6	2,30	-	-
Soya yağı	-	-	-	-	0,04	0,09	-	11,1	4,38	0,41	-
Fındık yağı	-	-	-	-	-	-	-	5,44	2,55	-	-

-: Tespit edilememiştir.

Yağların doymamış yağ asidi profili ise Çizelge 4.13’de özetlenmiştir. Yağların doymuş yağ asidi içeriğinde olduğu gibi doymamış yağ asidi içeriklerinde de önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Palm stearin yağında doymamış yağ asidi olarak sadece $C_{18:1(cis)}$ (oleik asit) belirlenmiştir. Palm olein, palm çekirdeği, tereyağı, hindistan cevizi yağı, kanola yağı ve fındık yağında baskın bulunan doymamış yağ asidi $C_{18:1(cis)}$ olarak belirlenmiştir. Ayçiçek, pamuk, mısır ve soya yağlarında ise $C_{18:2(cis)}$ (linoleik asit) yağ asidinin en fazla bulunan doymamış yağ asidi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Yağların doymamış yağ asidi içeriği (%)

Yağlar	C _{14:1}	C _{16:1}	C _{18:1} (Trans)	C _{18:1} (Cis)	C _{18:2} (Trans)	C _{18:2} (Cis)	C _{18:3}	C _{20:1}
Palm stearin	-	-	-	0,37	-	-	-	-
Palm olein	-	0,19	-	46,2	-	12,7	0,37	-
Palm kernel	-	-	0,40	22,4	-	3,98	-	-
Tereyağı	1,29	2,07	1,85	22,8	0,62	2,04	0,43	0,68
H. cevizi yağı	-	-	-	7,67	-	1,72	-	-
Ayçiçek yağı	-	-	-	32,9	-	56,5	0,07	-
Kanola yağı	-	0,19	1,50	63,6	-	18,8	7,72	1,30
Pamuk yağı	-	0,47	-	17,7	-	55,9	0,28	0,17
Mısır yağı	-	-	0,40	30,9	-	54,7	0,68	0,46
Soya yağı	-	-	0,31	23,2	-	54,0	6,58	-
Fındık yağı	-	0,14	1,41	73,7	-	16,5	0,22	-

-: Tespit edilememiştir.

Çizelge 4.14’de ise çikolata kaplama formülasyonunda kullanılan yağlara ait toplam doymuş, doymamış, tekli ve çoklu doymamış ve trans yağ asidi içeriği özetlenmiştir.

Çizelgeden de anlaşılacağı gibi palm stearin yağı doymuş yağ asidi bakımından en zengin yağ olup bu yağın yağ asidi içeriğinin % 99,63’ünü doymuş yağ asitleri oluşturmaktadır. Hindistan cevizi, palm çekirdeği ve tereyağı da doymuş yağ asidi bakımından zengin olan diğer yağlar olup yapılarında sırasıyla % 90,61, % 73,22 ve % 67,59 oranında doymuş yağ asidi içermektedir. Yapısında doymamış yağ asidini en fazla miktarda bulunduran yağ ise kanola yağı olup (% 93,08) bu yağı sırasıyla fındık yağı (% 92,01), ayçiçeği yağı (% 89,46), mısır (% 87,09) ve soya yağı (% 84,01) takip etmektedir. Tekli doymamış yağ asidi içeriği bakımından en zengin yağ fındık yağı olarak belirlenmiş iken soya yağı çoklu doymamış yağ asidi içeriği açısından en zengin yağ olarak belirlenmiştir. Palm çekirdeği, tereyağı, kanola yağı, mısır, soya ve fındık yağlarında trans yağ asidi bulunmuştur. Tez çalışmasında kullanılan yağlar arasında tereyağı trans yağ asidini en fazla içeren (% 2,47) yağ durumundadır. Tereyağında bu kadar yüksek miktarda trans yağ asidi bulunmasının sebebi, yapısında doğal olarak bulunan ve trans yağ asidi olan konjuge linoleik asit miktarından kaynaklanmaktadır (Chin ve ark. 1992). Kanola ve fındık yağında ise olması gerekende fazla trans yağ asidi bulunmasının sebebi de rafinasyon sırasında uygulanan proses koşulları (sıcaklık, süre) olabilir.

Çizelge 4.14. Yağların toplam doymuş, doymamış, tekli ve çoklu doymamış ve trans yağ asidi içeriği

Yağlar	Toplam Doymuş	Toplam Doymamış	Toplam Tekli Doymamış	Toplam Çoklu Doymamış	Toplam Trans
Palm stearin	99,63	0,37	0,37	-	-
Palm olein	40,54	59,46	46,39	13,07	-
Palm kernel	73,22	26,78	22,80	3,98	0,40
Tereyağı	67,59	32,41	28,64	3,09	2,47
H. cevizi yağı	90,61	9,39	7,67	1,72	-
Ayçiçek yağı	10,54	89,46	32,85	56,61	-
Kanola yağı	6,92	93,08	65,29	26,49	1,50
Pamuk yağı	25,43	74,57	18,18	56,22	-
Mısır yağı	12,91	87,09	31,26	55,37	0,40
Soya yağı	15,99	84,01	23,54	60,47	0,31
Fındık yağı	7,99	92,01	75,25	16,76	1,41

-: Tespit edilememiştir

Elde edilen sonuçlar ile literatürdeki değerler karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların Rajah (2014) ve Shadidi (2004) tarafından belirtilen aralıklarda olduğu görülmüştür. Yalcin ve ark. (2012a) ve Yalcin ve ark. (2012b) tarafından yağların reolojik özellikleri ile yağ asidi profilinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen araştırmada da belirlenen yağ asidi içeriklerin bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Yağların yağ asidi profilinin özellikle de sıcaklığa göre katı madde oranının değişiminin de farklı olması çikolata kaplama ürünlerinin kalite parametrelerini önemli derecede etkileyeceği düşünülmektedir.

4.3.2. Farklı yağların çikolata kaplamalarının kalite parametreleri üzerine etkisi

4.3.2.1.Referans yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının kalite özellikleri

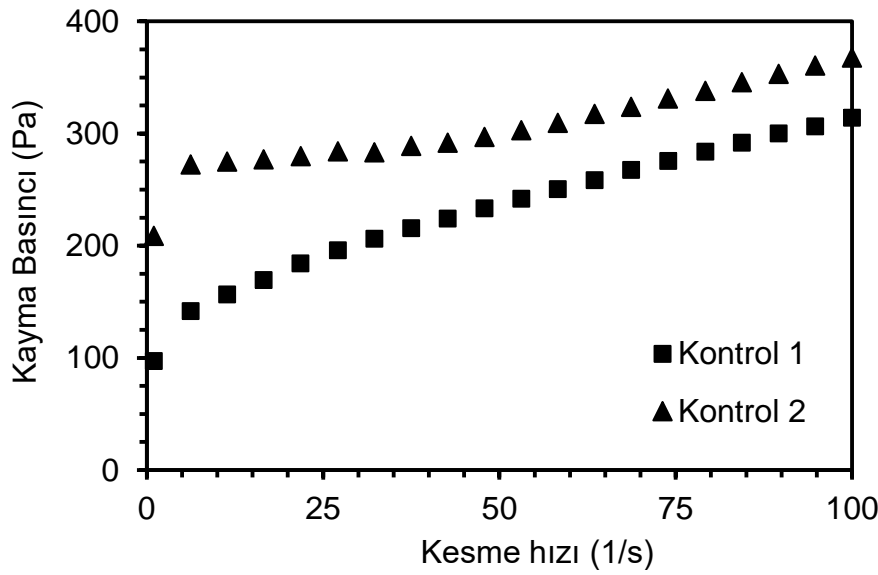
Tez çalışmasının bu kısmında çikolata kaplama formülasyonunda kullanılan farklı yağların çikolata kaplama kalite özelliklerine etkisinin (renk, tekstür, reoloji ve erime özellikleri) araştırılması hedeflenmiş olup bu kısımda ayrıca çikolata kaplamalarında yaygın olarak kullanılan 2 adet referans yağ ihraç edilerek bu yağlar ürün denemelerinde kullanılmıştır. Referans yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının renk özellikleri, Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kontrol kaplama örneklerinin renk özellikleri

Örnek	L^*	Kroma (C^*)	Hue (h^*)
Kontrol 1	$34,25 \pm 1,08$	$9,81 \pm 0,34$	$5,26 \pm 0,56$
Kontrol 2	$34,23 \pm 0,87$	$9,57 \pm 0,55$	$5,47 \pm 0,70$

Çizelge 4.15'den görüldüğü gibi, kontrol 1 örneğinin L^* , C^* ve h^* değerleri sırasıyla 34,25, 9,81 ve 5,26 olarak bulunmuş iken bu değerler diğer kontrol örneği için de 34,23, 9,57 ve 5,47 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, 2 kontrol örneğinin de renk özelliklerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Kontrol olarak üretilen erimiş çikolata kaplama örneklerine ait 40 °C'deki kesme hızına bağlı kayma basıncı grafiği Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Kontrol örneklerine ait akış davranış grafiği

Şekilden de görüldüğü gibi çikolata kaplama örneklerinin kayma basıncı grafiği kesme hızı arttıkça artış göstermektedir. Grafik incelendiğinde kaplama örneklerinin görünür viskozite değerinin kesme hızı arttıkça azaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum bu kısımda üretilen çikolata kaplama örneklerinin de kayma incilmesi (shear-thinning) davranışına sahip olduğunu göstermektedir. Bu kısımda elde edilen sonuçlar, önceki kısımlar ile paralellik göstermiştir. İki kontrol örneği karşılaştırıldığında tüm kesme hızı değerlerinde kontrol 2 örneğinin kayma basıncı değeri kontrol 1 örneğinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum kontrol 2 örneğinin

daha kıvamlı bir yapıya sahip olduğunun göstergesidir. Kaplama örneklerinin görünür viskozite değerlerinin örneğe uygulanan kesme hızına bağlı olarak azaldığı göz önünde bulundurulduğunda ürünün biryerden bir yere taşınması, kalıplanması veya kaplama prosesinin gerçekleştirildiği aşamalarda uygulanacak kuvvetin kaplamanın viskozite değeri dikkate alınarak seçilmesi gerekmektedir. Aksi halde uygulanacak kuvvet örneğin viskozite değerinde istenmeyecek boyutta değişmelere neden olacak bu durumda ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecektir.

Elde edilen deneysel veriler, Casson modele (Eşitlik 4) uyarlanarak ilgili model parametreleri hesaplanmış ve bu parametreler, Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi Kontrol bir örneğine ait R^2 değeri, 0,9590 olarak bulunmuş iken bu değer diğer örnek için 0,9771 olarak hesaplanmıştır. R^2 değerleri incelendiğinde Casson modelinin çikolata kaplama örneklerinin akış davranışını yeterli derecede tanımladığı görülmektedir.

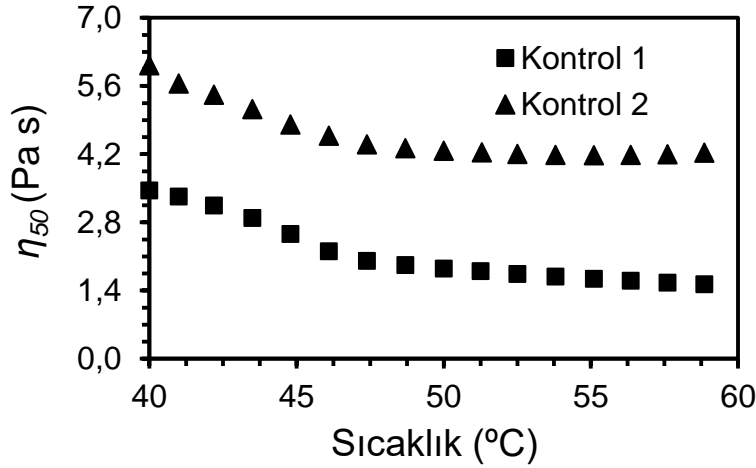
Kontrol 1 örneğinin akma basınç değeri 15,56 Pa olarak bulunmuş iken bu değer kontrol 2 örneğinde 28,57 Pa olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan kontrol 2 örneğinin akabilmesi için daha yüksek basınç değerinin uygulanması gerektiği anlaşılmaktadır. Kontrol örneklerinin η_{pl} değerleri kıyaslandığında ise kontrol 1 örneğinin η_{pl} değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ağızdaki kesme hızını temsil eden η_{50} değerleri karşılaştırıldığında ise kontrol 2 örneğinin η_{50} değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Her ne kadar R^2 değeri modelin elde edilen verileri tanımlayabilme kabiliyetini gösterse de kontrol 2 örneğinin τ_0 değerine ait standart sapmanın büyüklüğü Casson modelinin kontrol 2 örneğinin akış davranışını çok iyi bir şekilde açıklayamadığını göstermektedir. Çünkü paralel ölçüm sonuçlarında elde edilen grafikler birbirlerine çok yakın bulunsa da model parametreleri arasında farklılık olduğu görülmektedir. Fakat iki örneğin reolojik parametrelerini karşılaştırabilmek için iki modele ait deneysel veriler, Casson modele uyarlanarak ilgili parametreler hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde ürün formülasyonunda kullanılan yağ çeşidinin kaplamanın reolojik özelliklerini önemli derecede etkilediği görülmektedir. Bundan dolayı formülasyonda kullanılacak yağ çeşidinin belirlenmesinde ürüne ait diğer kalite parametrelerine ilave olarak reolojik özelliklerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Çizelge 4.16. Kontrol çikolata kaplama örneklerine ait Casson model parametreleri

Örnek	Casson model parametreleri			
	τ_0 (Pa)	η_{pl} (Pa s)	R^2	η_{50} (Pa s)
Kontrol 1	15,56 ± 1,84	1,05 ± 0,15	0,9590	4,56 ± 0,17
Kontrol 2	28,47 ± 4,29	0,50 ± 0,16	0,9771	5,71 ± 0,24

τ_0 : Akma basıncı; η_{pl} : Plastik viskozite; η_{50} : kayma hızı 50 s^{-1} 'deki görünür viskozite

Referans yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplama örneklerinin akış davranışı belirlendikten sonra bu örneklerin 50 s^{-1} kesme hızındaki viskozite değerinin (η_{50}) $40\text{-}60 \text{ }^\circ\text{C}$ arasındaki değişimi sıcaklık tarama testi ile belirlenmiştir. Sıcaklığın kontrol kaplamalarının η_{50} değerine etkisi Şekil 4.21'de belirtilmiştir.



Şekil 4.21. Sıcaklığın kontrol örneklerinin η_{50} değeri üzerine etkisi

Şekilden de görüldüğü gibi önceki kısımdaki sonuçlara paralel olarak kaplama örneklerinin viskozite değeri sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Sıcaklık arttıkça moleküller arası mesafe artmakta ve bu durumda da moleküller arası interaksiyon azalarak örneğin akışa karşı göstermiş olduğu dirençte azalma meydana gelmektedir. Sıcaklığa karşılık elde edilen η_{50} dataları Arrhenius eşitliğine uyarlanmış ve ilgili parametreler Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Kontrol çikolata kaplama örneklerine ait Arrhenius model parametreleri

Örnekler	η_0 (Pa s)* 10^4	E_a (kJ/mol)	R^2
Kontrol 1	1393,4	15,55	0,9118
Kontrol 2	5,19	28,44	0,8762

Çizelgeden de görüldüğü gibi oluşturulan modellere ait R^2 değerleri kontrol 1 örneği için 0,9118 olarak hesaplanmış iken kontrol 2 örneği için ise 0,8762 olarak bulunmuştur. Kontrol örneklerine ait E_a değerleri karşılaştırıldığında kontrol 2 örneğinin E_a değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kontrol 2 örneğinin sıcaklığa bağlı viskozite değişimine karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir. Sıcaklık tarama testi sonuçları da incelendiğinde çikolata kaplamasında kullanılan yağ çeşidinin eriyik kaplamanın reolojik davranışını etkilediği gibi reolojik parametrelerin sıcaklığa bağlı değişim davranışını da önemli derecede etkilemektedir.

Reolojik özelliklere ilave olarak referans yağ kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının tekstürel özellikleri de incelenmiştir. Tekstürel analiz sonucunda çikolata kaplama örneklerine ait sertlik ve elastikiyet değeri, Çizelge 4.18’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.18. Kontrol çikolata kaplama örneklerinin tekstürel özellikleri

Örnek	Sertlik (g)	Elastikiyet (mm)
Kontrol 1	345,8 ± 53,9	0,93 ± 0,12
Kontrol 2	497,5 ± 59,4	0,59 ± 0,13

Kontrol 1 örneğinin sertlik ve elastikiyet değerleri sırasıyla 345,8 g ve 0,93 mm olarak belirlenmiş iken kontrol 2 örneğine ait parametreler ise 497,5 g ve 0,59 mm olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi kaplamada kullanılan yağ çeşidi ürünün tekstürel özelliklerini önemli derecede etkilemiş olup kaplanılacak ürünün üretim, taşıma, depolama ve paketleme özelliklerine bağlı olarak formülasyonda kullanılacak yağın da tekstürel özelliklerin dikkate alınarak seçilmesi ürün kalitesinin arzu edilen seviyede olabilmesi için önem taşımaktadır. Eğer kaplanacak materyal üretim esnasında çok fazla dış etkenlere maruz kalacak ise ve ürünün ambalajı da bu dış kuvvetlerin ürüne iletilmesini yeteri kadar engelleyemeyecek durumda ise bu iki örnek arasından kontrol 1 örneğinin elastikiyet değeri daha yüksek olduğu için seçilmesi daha uygundur. Aksi halde ürün yüzeyinde bulunan kaplama çok çabuk kırılarak kaplanan ürün ile ilgili kalite bozukluklarına neden olabilir. Kaplamada kullanılan yağın yağ asidi profili ve bu profilin belirlediği katı yağ oranı kaplamanın tekstürel özelliklerini belirleyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Tekstür analizi 25 °C’de gerçekleştirildiği için bu sıcaklıkta katı halde bulunan yağ miktarı ürünün tekstürel özelliklerini belirlemektedir.

Bu kısımda son olarak farklı referans yağlar kullanılarak üretilen kontrol çikolata kaplama örneklerinin erime özellikleri belirlenmiş ve bu örneklerle ait erime parametreleri, Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Kontrol kaplama örneklerine ait erime parametreleri

Örnek	T_{ilk} (°C)	T_{pik} (°C)	T_{son} (°C)	ΔH (J/g)
Kontrol 1	19,74 ± 0,42	32,27 ± 1,03	39,52 ± 0,88	42,34 ± 1,32
Kontrol 2	20,43 ± 0,21	31,64 ± 0,96	39,08 ± 0,42	40,85 ± 0,76

Çizelgeden de görüldüğü gibi farklı referans yağlar kullanılarak üretilen kontrol kaplama örneklerinin erime özellikleri oldukça yakın bulunmuştur. Kontrol 1 ve 2 örneklerinin T_b , T_p ve T_s değerleri sırasıyla 19,74 ve 20,43 °C; 32,27 ve 31,64 °C ve 39,52 ve 39,08 °C olarak bulunmuştur. Çikolata kaplamalarının tamamen eriyik hale geçebilmesi için gereken enerji değeri de 42,34 ve 40,85 J/g olarak hesaplanmıştır.

4.3.2.2. Farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının kalite özellikleri

4.3.2.2.1. Farklı yağ kullanımının çikolata kaplamalarının renk özelliklerine etkisi

Farklı konsantrasyonlarda 10 çeşit yağ kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarına ait renk parametreleri (L , kroma ve hue açısı) Çizelge 4.20’de gösterilmiştir. Yalnız palm stearin içeren kaplamanın L , kroma (C) ve hue (h°) değerleri sırasıyla 31,58, 10,57 ve 23,82 olarak bulunmuştur. Palm olein kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının L , C ve h° değerleri de sırasıyla 33,43-38,32, 8,54-12,82 ve 2,35-23,82 arasında bulunmuştur. Tereyağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının L ve C değerleri tereyağı konsantrasyonundan az derecede etkilenmiş olup bu parametreler sırasıyla 32,37-33,94 ve 11,27-12,23 aralığında belirlenmiştir. Bu örneklerin h° değerleri ise 6,39 ile 12,43 arasında değişmiştir. Yağ bazında % 2,5 oranında tereyağı içeren örneğin h° değeri 6,39 bulunmuş iken bu değer % 7,5 oranında tereyağı içeren örnek için 12,43’dür. Fındık yağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının L değerleri 33,31 ile 36,29; C değerleri 10,36 ile 11,34 ve h° değerleri ise 1,23 ile 11,66 arasında tespit edilmiştir. Çikolata kaplama formülasyonunda farklı oranlarda pamuk yağı kullanımı da örneklerin L ve C değerlerini önemli düzeyde etkilememiş olup, bu değerler sırasıyla 32,33-35,90 ve 10,36-11,34 arasında değişiklik göstermiştir. Bir değer renk kalite parametresi olan h° değeri ise 0,69 ve 9,59 arasında bulunmuştur. Pamuk yağına benzer olarak kanola yağının farklı oranlarda

kullanımı da L ve C değerlerini önemli derecede etkilememiştir. Söz konusu değerler sırasıyla 33,64-34,75 ve 10,08-10,67 arasında bulunmuştur. Kanola yağı kullanılan örnekler arasında en düşük h° değeri % 5 oranında kanola yağı içeren kaplama örneğinde (2,48), en yüksek h° değeri ise % 10 oranında kanola yağı içeren kaplama örneğinde ölçülmüştür (8,00). Soya yağı konsantrasyonunun L (34,26-34,82) ve C (10,08-10,67) değerleri üzerindeki etkisi genel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Farklı oranlarda soya yağı içeren kaplamaların h° değerleri de 4,26 ve 13,94 arasında bulunmuştur. Ayçiçek yağı içeren çikolata kaplamalarının L , C ve h° değerleri sırasıyla 34,46-35,83, 10,99-11,52 ve 12,45-15,16 arasında değişmiştir. Çikolata kaplamasında kullanılan mısır yağı arttıkça genel olarak L değerinde artış, C değerinde ise azalma görülmüştür. % 2,5 oranında mısır yağı içeren kaplamanın L ve C değerleri sırasıyla 32,84 ve 11,90, % 10 oranında mısır yağı içeren örnekte ise 35,50 ve 10,77 olarak bulunmuştur. Kaplama örneklerinde kullanılan diğer yağlarda olduğu gibi h° değeri ile mısır yağı konsantrasyonu arasında da herhangi bir korelasyon bulunamamış olup örneklerin h° değeri 9,06 ve 11,88 arasında değişmiştir. Hindistan cevizi yağı konsantrasyonunun % 7,5 oranına kadar L değerini etkilemediği tespit edilmiş ($p > 0,05$) ve bu örneklerin L değeri 33,46 ile 33,78 arasında bulunmuştur. % 10 oranında Hindistan cevizi yağı kullanımı ile L değerinde (31,76) azalma görülmüştür.

Farklı oranlarda Hindistan cevizi yağı içeren çikolata kaplamalarının C ve h° değerleri sırasıyla 10,73 ile 11,07 ve 1,03 ile 10,15 arasında tespit edilmiştir. Formülasyonda kullanılan palm çekirdeği yağı konsantrasyonu ile hiçbir renk parametresi arasında doğrusal bir artış ya da azalma gözlemlenmemiştir. Palm çekirdeği yağı içeren kaplamaların L , C ve h° değerleri sırasıyla 32,64-35,50, 9,38-11,10 ve 1,80-9,30 arasında bulunmuştur. Çizelge 4.20’de yer alan istatistiksel sonuçlar incelendiğinde, genel olarak ilave edilen yağ konsantrasyonunun çikolata kaplamalarının renk özelliklerini önemli derecede etkilediği görülmektedir. Aynı konsantrasyonda farklı yağ kullanımı da kaplama örneklerinin renk özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. % 2,5 konsantrasyonda yağ içeren örneklere ait renk parametreleri göz önünde bulundurulduğunda, pamuk yağının en yüksek L değerine, mısır yağının en yüksek C ve h° değerine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20. Farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının renk özelliklerine yağ konsantrasyonunun etkisi

Yağ Çeşidi	Kons. (%) [*]	<i>L</i> [*]	Kroma (<i>C</i> [*])	Hue (<i>h</i> ^o)
Palm olein	0	31,58 ± 0,63 ^{Ca}	10,57 ± 0,13 ^{Ca}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	33,43 ± 0,95 ^{Bcd}	8,54 ± 0,40 ^{Eg}	3,00 ± 0,07 ^{Cf}
	5,0	38,32 ± 0,21 ^{Ba}	9,90 ± 0,06 ^{Dg}	2,35 ± 0,42 ^{Cd}
	7,5	33,35 ± 0,85 ^{Bde}	12,33 ± 0,22 ^{Ba}	2,68 ± 0,17 ^{Cf}
	10,0	34,15 ± 0,34 ^{Abc}	12,82 ± 0,24 ^{Aa}	15,16 ± 0,56 ^{Ba}
Tereyağı	0	31,58 ± 0,63 ^{Da}	10,57 ± 0,13 ^{Da}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	33,27 ± 0,52 ^{ABcd}	11,27 ± 0,25 ^{Cbc}	6,39 ± 0,48 ^{Dd}
	5,0	32,37 ± 0,43 ^{CDe}	12,23 ± 0,31 ^{Aa}	9,94 ± 0,71 ^{BCb}
	7,5	32,92 ± 0,34 ^{BCe}	11,86 ± 0,13 ^{Ba}	12,43 ± 0,94 ^{Bb}
	10,0	33,94 ± 0,41 ^{Accd}	11,54 ± 0,03 ^{BCb}	8,51 ± 0,46 ^{CDcd}
Fındık yağı	0	31,58 ± 0,63 ^{Ca}	10,57 ± 0,13 ^{Ca}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	35,26 ± 0,51 ^{ABab}	10,36 ± 0,06 ^{Cef}	1,23 ± 0,61 ^{Dgh}
	5,0	33,31 ± 0,21 ^{BCde}	11,34 ± 0,08 ^{Ab}	7,01 ± 0,19 ^{Cc}
	7,5	36,29 ± 1,42 ^{Aa}	10,93 ± 0,28 ^{Bbc}	10,37 ± 0,31 ^{Bc}
	10,0	35,90 ± 1,83 ^{Aa}	10,92 ± 0,14 ^{Bde}	11,66 ± 1,01 ^{Bb}
Pamuk yağı	0	31,58 ± 0,63 ^{Ba}	10,57 ± 0,13 ^{Ba}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	35,90 ± 1,56 ^{Aa}	10,14 ± 0,48 ^{Bf}	0,69 ± 0,16 ^{Dh}
	5,0	32,87 ± 0,38 ^{Bde}	10,54 ± 0,08 ^{Bef}	2,43 ± 0,13 ^{Dd}
	7,5	32,33 ± 1,05 ^{Be}	11,25 ± 0,55 ^{Ab}	9,59 ± 0,73 ^{Bc}
	10,0	32,77 ± 0,88 ^{Bab}	11,29 ± 0,21 ^{Abc}	5,09 ± 0,38 ^{Ce}
Kanola yağı	0	31,58 ± 0,63 ^{Ba}	10,57 ± 0,13 ^{ABa}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	33,65 ± 0,80 ^{Accd}	10,67 ± 0,40 ^{Ade}	4,60 ± 1,33 ^{Ce}
	5,0	34,67 ± 0,35 ^{Ab}	10,22 ± 0,09 ^{ABfg}	2,48 ± 0,60 ^{Cd}
	7,5	34,75 ± 0,59 ^{Abcd}	10,08 ± 0,40 ^{Bd}	5,40 ± 1,15 ^{BCe}
	10,0	33,64 ± 1,30 ^{Accd}	10,56 ± 0,28 ^{ABf}	8,00 ± 1,11 ^{Bd}
Soya yağı	0	31,58 ± 0,63 ^{Ba}	10,57 ± 0,13 ^{Ba}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	34,26 ± 0,34 ^{Abcd}	11,50 ± 0,27 ^{Aab}	13,94 ± 0,46 ^{Bb}
	5,0	34,57 ± 0,63 ^{Abc}	10,82 ± 0,33 ^{Bde}	8,78 ± 1,29 ^{Cb}
	7,5	34,82 ± 0,74 ^{Abc}	10,94 ± 0,29 ^{Bbc}	9,07 ± 1,97 ^{Ccd}
	10,0	34,38 ± 0,23 ^{Abc}	10,61 ± 0,26 ^{Bef}	4,26 ± 0,54 ^{De}

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.20 devamı

Yağ Çeşidi	Kons. (%) [*]	<i>L</i> [*]	Kroma (<i>C</i> [*])	Hue (<i>h</i> ^o)
Ayçiçek yağı	0	31,58 ± 0,63 ^{Ba}	10,57 ± 0,13 ^{Ca}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	34,46 ± 1,71 ^{Aabc}	11,29 ± 0,24 ^{ABbc}	13,31 ± 0,22 ^{Bb}
	5,0	35,51 ± 0,36 ^{Ab}	10,99 ± 0,13 ^{Bbcd}	12,45 ± 0,61 ^{Ba}
	7,5	35,83 ± 1,13 ^{Aab}	11,27 ± 0,28 ^{ABb}	15,16 ± 0,18 ^{Ba}
	10,0	34,68 ± 0,16 ^{Aabc}	11,52 ± 0,18 ^{Ab}	14,06 ± 1,13 ^{Ba}
Mısır yağı	0	31,58 ± 0,63 ^{Ca}	10,57 ± 0,13 ^{Ca}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	32,84 ± 0,49 ^{Bd}	11,90 ± 0,32 ^{Aa}	17,36 ± 1,58 ^{Ba}
	5,0	33,18 ± 0,09 ^{Bde}	11,27 ± 0,34 ^{Bbc}	9,06 ± 2,13 ^{Db}
	7,5	35,26 ± 0,39 ^{Aab}	10,72 ± 0,08 ^{Cc}	15,00 ± 1,16 ^{BCa}
	10,0	35,50 ± 0,25 ^{Aab}	10,77 ± 0,09 ^{Cdef}	11,88 ± 0,75 ^{CDb}
Hindistan cevizi	0	31,58 ± 0,63 ^{Ba}	10,57 ± 0,13 ^{Ba}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	33,78 ± 0,42 ^{Abcd}	10,92 ± 0,23 ^{ABcd}	10,15 ± 0,68 ^{Bc}
	5,0	33,60 ± 0,75 ^{Ac}	10,90 ± 0,38 ^{ABcde}	9,27 ± 0,51 ^{Bb}
	7,5	33,46 ± 0,74 ^{Acde}	10,73 ± 0,08 ^{ABc}	1,03 ± 0,34 ^{Cg}
	10,0	31,76 ± 0,40 ^{Be}	11,07 ± 0,18 ^{Ac}	1,27 ± 0,22 ^{Cf}
Palm çekirdeği	0	31,58 ± 0,63 ^{Ca}	10,57 ± 0,13 ^{Ba}	23,82 ± 3,15 ^{Aa}
	2,5	33,89 ± 0,74 ^{Bbcd}	11,10 ± 0,20 ^{Abcd}	2,28 ± 0,36 ^{Cfg}
	5,0	35,50 ± 1,29 ^{Ab}	11,05 ± 0,11 ^{Abcd}	1,80 ± 0,17 ^{Cd}
	7,5	33,58 ± 0,17 ^{Bcde}	9,38 ± 0,08 ^{Ce}	7,74 ± 0,62 ^{Bd}
	10,0	32,64 ± 0,35 ^{BCde}	9,63 ± 0,31 ^{Cg}	9,30 ± 0,85 ^{Bc}

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

% 10 konsantrasyon incelendiğinde ise fındık yağı içeren kaplama örneğinin *L* değerinin diğer örneklerle kıyasla en büyük, palm olein içeren örneğin *C* değerinin ve palm olein ve ayçiçeği içeren örneklerin ise *h*^o değerinin en yüksek bulunduğu görülmektedir.

Renk, diğer gıda materyallerinde olduğu gibi çikolata kaplamasında da tüketici tercihini etkileyen önemli kriterlerden birisidir. Bu nedenle, kaplamada kullanılan yağın renk özelliklerinin de dikkate alınarak seçilmesi son derece önemlidir. Özellikle ürünün parlaklığını (*L*) geliştirmek için parlaticı ajanlar formülasyonda kullanılmaktadır. Uygun yağ seçimi ile bu tür katkı maddelerinin kullanımının azaltılabileceği görülmektedir.

4.3.2.2.2. Farklı yağ kullanımının kaplamaların tekstürel özelliklerine etkisi

Çikolata kaplama üretiminde kullanılan farklı yağların (palm olein, tereyağı, fındık, pamuk, kanola, soya, ayçiçeği, mısır, hindistan cevizi ve palm çekirdeği yağları), formülasyondaki yağ miktarı üzerinden % 2,5, % 5,0, % 7,5 ve % 10 konsantrasyonlarda ilave edilmesi ile üretilen çikolata kaplama örneklerinin tekstürel özellikleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Genel olarak yağ konsantrasyonunun kaplama örneklerinin tekstürel özelliklerini önemli derecede etkilediği görülmektedir. Formülasyonda tamamen palm stearin kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının sertlik ve elastikiyet değerleri sırasıyla 2170 g ve 0,668 mm olarak bulunmuştur. Kaplama formülasyonunda palm olein kullanımı çikolata kaplamasının tekstürel özelliklerini önemli derecede etkilemiştir. Sertlik değerinin, palm olein miktarı arttıkça azaldığı görülmektedir. Formülasyonda yağ bazında % 2,5 oranında palm olein kullanılarak üretilen kaplama örneklerinin sertlik ve elastikiyet değerleri sırasıyla 1328 g ve 0,798 mm olarak belirlenmiş iken, yağ içeriğinde % 10 oranında palm olein içeren çikolata kaplama örneğinin sertlik değeri 885 g’a düşmüş olup, bu örneğin elastikiyet değeri 0,760 olarak bulunmuştur. Çizelgeden görüldüğü gibi, palm olein konsantrasyonunun artması çikolata kaplamasının sertlik değerinde azalmaya neden olurken, elastikiyet değeri ile palm olein konsantrasyonu arasında direkt bir korelasyon tespit edilememiştir.

Çikolata kaplamasının tekstürel özellikleri üzerine tereyağı kullanımının etkisi incelendiğinde, kaplamanın sertlik değerinin tereyağı konsantrasyonu arttıkça azaldığı görülmektedir. Tereyağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının sertlik ve elastikiyet değerleri sırasıyla 1719 ile 940 g ve 0,560 ile 0,732 mm arasında değişmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, tereyağı konsantrasyonu arttıkça çikolata kaplamasının sertlik değerinin azaldığı ($p < 0,05$), buna karşılık elastikiyet değeri ile konsantrasyon arasında doğrusal bir korelasyonun olmadığı görülmektedir. % 2,5 oranında tereyağı içeren kaplama örneğinin sertlik değeri 1719 g, elastikiyet değeri ise 0,632 mm olarak belirlenmiştir. Formülasyona ilave edilen tereyağı oranı yağ bazında % 10 olduğunda ise kaplama örneğinin sertlik değeri 940 g’a düşmüştür. % 7,5 oranına kadar tereyağı ilavesi ile elastikiyet değeri azalma göstermiş, % 10 oranında ise elastikiyet değeri artmıştır. Elastikiyetin artması, bu çalışma kapsamında hedeflenen amaçlardan birisidir. Tereyağının yağ bazında % 10 oranında kullanılması ile üretilen kaplama, en yüksek elastikiyet değerine sahip olmuştur.

Çizelge 4.21. Farklı yağ çeşidi ve konsantrasyonunun çikolata kaplama örneklerinin tekstürel özelliklerine etkisi

Yağ Çeşidi	Konsantrasyon (%)*	Sertlik (g)	Elastikiyet (mm)
Palm olein	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Ba}
	2,5	1328 ± 172 ^{Bbc}	0,798 ± 0,131 ^{ABbcd}
	5,0	1182 ± 66 ^{Ce}	0,856 ± 0,138 ^{Aab}
	7,5	1072 ± 58 ^{Cd}	0,804 ± 0,142 ^{ABabc}
	10,0	885 ± 49 ^{Dde}	0,760 ± 0,112 ^{ABabc}
Tereyağı	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{ABa}
	2,5	1719 ± 155 ^{Ba}	0,632 ± 0,113 ^{ABd}
	5,0	1421 ± 52 ^{Cbc}	0,636 ± 0,110 ^{ABde}
	7,5	1111 ± 81 ^{Dcd}	0,560 ± 0,137 ^{Bde}
	10,0	940 ± 37 ^{Ed}	0,732 ± 0,151 ^{Abc}
Fındık yağı	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{ABa}
	2,5	1245 ± 64 ^{Bd}	0,756 ± 0,120 ^{Aabcd}
	5,0	1082 ± 54 ^{Cfg}	0,604 ± 0,136 ^{BCe}
	7,5	966 ± 22 ^{Def}	0,516 ± 0,114 ^{Ce}
	10,0	895 ± 65 ^{Dde}	0,610 ± 0,137 ^{ABCc}
Pamuk yağı	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Aa}
	2,5	1287 ± 104 ^{Bd}	0,706 ± 0,011 ^{Ac}
	5,0	1129 ± 26 ^{Cefg}	0,694 ± 0,163 ^{Acde}
	7,5	1045 ± 36 ^{CDde}	0,704 ± 0,009 ^{Abcd}
	10,0	969 ± 68 ^{Dd}	0,714 ± 0,181 ^{Abc}
Kanola yağı	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Ca}
	2,5	1445 ± 23 ^{Bc}	0,866 ± 0,142 ^{ABab}
	5,0	1063 ± 100 ^{Cg}	0,774 ± 0,112 ^{BCabcd}
	7,5	1048 ± 23 ^{Cde}	0,952 ± 0,177 ^{Aa}
	10,0	917 ± 37 ^{Dde}	0,806 ± 0,141 ^{ABCab}
Soya yağı	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Ca}
	2,5	1569 ± 115 ^{Bb}	0,806 ± 0,136 ^{ABCabc}
	5,0	1295 ± 125 ^{Cd}	0,814 ± 0,138 ^{ABabc}
	7,5	1190 ± 36 ^{Cc}	0,850 ± 0,137 ^{Aab}
	10,0	963 ± 80 ^{Dd}	0,708 ± 0,008 ^{BCbc}

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.21 devamı

Yağ Çeşidi	Konsantrasyon (%)*	Sertlik (g)	Elastikiyet (mm)
Ayçiçek yağı	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Ca}
	2,5	1833 ± 87 ^{Ba}	0,724 ± 0,043 ^{BCbcd}
	5,0	1694 ± 108 ^{Ca}	0,860 ± 0,137 ^{ABa}
	7,5	1451 ± 91 ^{Da}	0,812 ± 0,144 ^{ABab}
	10,0	1338 ± 94 ^{Da}	0,912 ± 0,118 ^{Aa}
Mısır yağı	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Ba}
	2,5	1470 ± 79 ^{Bbc}	0,902 ± 0,108 ^{Aa}
	5,0	1168 ± 22 ^{Cef}	0,708 ± 0,008 ^{Bbcde}
	7,5	951 ± 75 ^{Df}	0,910 ± 0,112 ^{Aa}
	10,0	852 ± 79 ^{De}	0,920 ± 0,114 ^{Aa}
Hindistan cevizi	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Ba}
	2,5	1519 ± 75 ^{Bbc}	0,464 ± 0,030 ^{Ce}
	5,0	1337 ± 29 ^{Ccd}	0,692 ± 0,008 ^{ABcde}
	7,5	1323 ± 83 ^{Cb}	0,742 ± 0,111 ^{Abc}
	10,0	1093 ± 76 ^{Dc}	0,712 ± 0,008 ^{ABbc}
Palm çekirdeği	0	2170 ± 135 ^{Aa}	0,668 ± 0,008 ^{Aa}
	2,5	1494 ± 114 ^{Bbc}	0,692 ± 0,243 ^{Acđ}
	5,0	1437 ± 57 ^{Bb}	0,640 ± 0,117 ^{Ade}
	7,5	1372 ± 88 ^{Bab}	0,644 ± 0,109 ^{Acde}
	10,0	1234 ± 73 ^{Cb}	0,748 ± 0,113 ^{Abc}

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p<0,05$).

Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p<0,05$).

Çikolata kaplama formülasyonunda % 2,5 oranında fındık yağı kullanımı ile sertlik değeri 1245 g olarak ölçülmüş, % 10 oranında ise 895 g'a düşmüştür. Bu örneklerin elastikiyet değeri ise 0,516 mm ile 0,756 mm arasında belirlenmiştir. Çizelge 4.21'den de görüldüğü gibi, fındık yağı konsantrasyonundaki artış kaplamanın sertlik değerinde önemli derecede azalmaya ve elastikiyet değerinde de değişikliğe yol açmıştır. En düşük elastikiyet değeri % 7,5 oranında fındık yağı içeren örnekte, en yüksek değer ise % 2,5 oranında fındık yağı içeren örnekte tespit edilmiştir.

Çikolata kaplama formülasyonuna yağ bazında % 2,5 ile % 10 arasında pamuk yağı ilave edilerek üretilen ürünlerin sertlik ve elastikiyet değerleri sırasıyla 1287-969 g ve 0,695-0,714 mm arasında bulunmuştur (Çizelge 4.21). Pamuk yağı konsantrasyonunun artması ile

kaplamaların sertlik değeri önemli derecede azalmış ($p<0,05$), buna karşılık elastikiyet değeri pamuk yağı konsantrasyonundan önemli düzeyde etkilenmemiştir ($p>0,05$).

Kanola yağı ilave edilerek üretilen kaplamaların sertlik değeri 1445 g ile 917 g, elastikiyet değeri ise 0,774 ile 0,952 arasında değişmiştir. Her iki tekstürel parametreninde genel olarak kanola yağı konsantrasyonundan önemli derecede etkilendiği görülmektedir ($p<0,05$). Kaplama sertliği kanola yağı konsantrasyonu arttıkça azalırken elastikiyet değeri ile kanola yağı konsantrasyonu arasında doğrusal bir korelasyon belirlenmemiştir. Formülasyonda yağ bazında % 7,5 oranında kanola yağı içeren çikolata kaplaması en yüksek elastikiyet değerine sahipken, % 5,0 kanola yağı içeren örnekte en düşük seviyede bulunmuştur.

Çikolata kaplama formülasyonuna yağ bazında % 2,5 ile % 10 arasında soya yağı ilave edilerek üretilen çikolata kaplamalarının sertlik değerleri 1569 g ile 963 g arasında değişmiştir. Kanola yağı konsantrasyonunun artışına bağlı olarak sertlik değerinin azalması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Farklı konsantrasyonlarda soya yağı kullanılarak üretilen kaplamaların elastikiyet değeri ise 0,708 ve 0,850 mm arasında ölçülmüştür. Elastikiyet değerleri incelendiğinde ise, % 7,5 oranında soya yağı içeren kaplamanın elastikiyet değerinin diğer örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

Ayçiçek yağı ilave edilerek üretilen çikolata kaplamalarının sertlik değeri 1833 g ve 1338 g arasında değişiklik göstermiş ve diğer yağlarda olduğu gibi, formülasyondaki ayçiçeği yağı artışı kaplamanın sertliğini önemli derecede azaltmıştır ($p<0,05$). Bu gruptaki örneklerin elastikiyet değerleri ise 0,724 ile 0,912 mm arasında tespit edilmiştir. Sadece palm stearin kullanılarak üretilen çikolata kaplamasına kıyasla, ayçiçeği içeren örneklerin elastikiyet değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. % 10 oranında ayçiçeği yağı içeren kaplama örneği en yüksek, % 2,5 oranında ayçiçeği yağı içeren örnek ise en düşük elastikiyet değerini vermiştir.

Tez çalışmasının bu aşamasında kullanılan bir diğer yağ olan mısır yağı ilave edilerek üretilen çikolata kaplamalarının ise sertlik ve elastikiyet değerleri sırasıyla 1470-852 g ve 0,708-0,920 arasında değişiklik göstermiştir. Diğer yağlarda gözlemlendiği gibi, mısır yağı konsantrasyonunun da artışıyla kaplamanın sertlik değeri önemli derecede azalmıştır ($p<0,05$). Elastikiyet değeri ile kullanılan mısır yağı arasında doğrusal bir korelasyon belirlenmemiş ancak mısır yağı konsantrasyonunun kaplamanın elastikiyet özelliklerini genel olarak önemli

derecede değiştirdiği saptanmıştır ($p<0,05$). Mısır yağı içeren çikolata kaplamaları arasında en yüksek elastikiyet değeri % 2,5 ve % 10 oranında mısır yağı içeren örnekler de ölçülmüştür.

Hindistan cevizi yağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının sertlik değerlerinin ise 1519 ve 1093 g arasında değiştiği görülmektedir. Hindistan cevizi yağı konsantrasyonunun artması son ürüne ait sertlik değerinin azalmasına sebep olmuştur ($p<0,05$). Hindistan cevizi yağı kullanımı elastikiyet değerleri üzerinde de önemli etkiye sahip olmuş ve bu değerler bu söz konusu kaplamalarda 0,464 mm ile 0,742 mm arasında değişmiştir. En düşük elastikiyet değerine % 2,5 konsantrasyonunda, en yüksek elastikiyet değerine ise % 7,5 oranında Hindistan cevizi yağı içeren örnek sahip olmuştur. Çizelge 4.21'deki sonuçlar incelendiğinde, Hindistan cevizi yağı konsantrasyonunun elastikiyet parametresi üzerindeki etkisi önemli bulunmasına rağmen ($p<0,05$), bu kalite parametresi ile konsantrasyon arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığı görülmektedir.

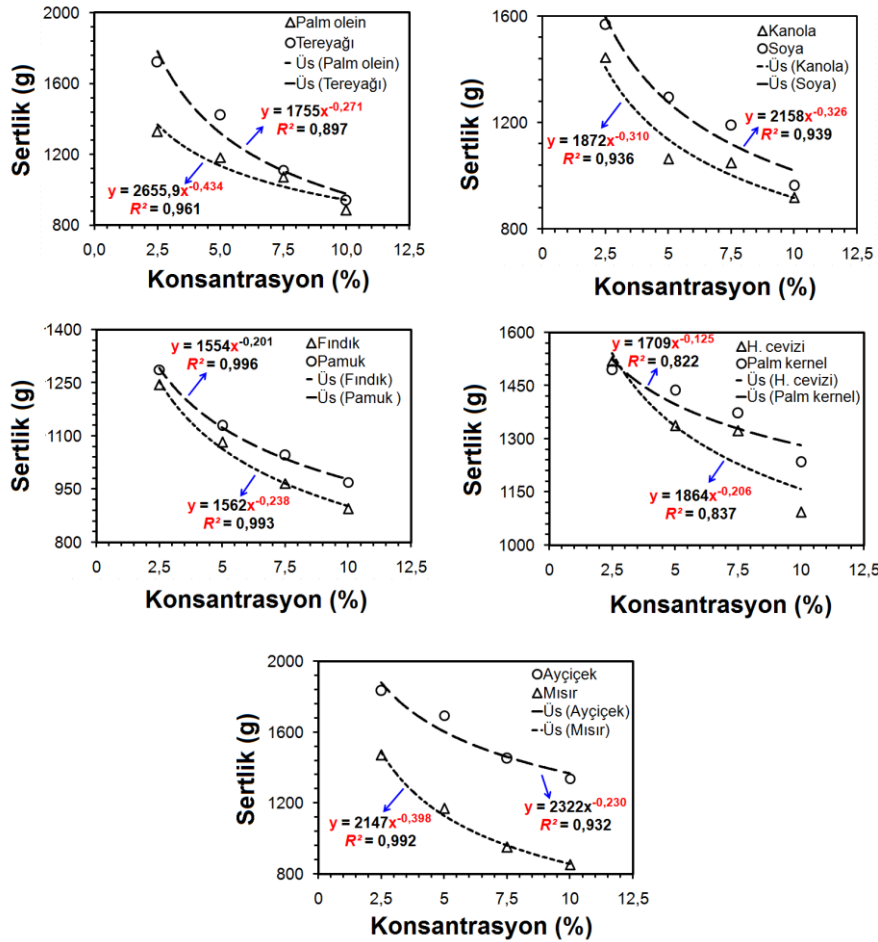
Tez çalışmasında son kullanılan yağ çeşidi olan palm çekirdeği yağı ile üretilen çikolata kaplamalarının sertlik ve elastikiyet değerleri sırasıyla 1494-1234 g ve 0,649-0,748 mm arasında bulunmuştur. Analiz edilen diğer yağlarda görüldüğü gibi, çikolata kaplamasının sertlik değeri palm çekirdeği yağı konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermiş ve palm çekirdeği yağı konsantrasyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Elastikiyet değeri ile yağ konsantrasyonu arasında belirli bir korelasyon bulunamamasına rağmen, ilave edilen yağ konsantrasyonundan elastikiyet değeri de önemli derecede etkilenmiştir ($p<0,05$). En yüksek elastikiyet değeri % 10 palm çekirdeği yağı içeren çikolata kaplama örneğinde ölçülmüştür.

Yukarıdaki sonuçlardan anlaşılacağı gibi, çikolata kaplama formülasyonunda kullanılan yağ konsantrasyonu son ürünün tekstürel özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Diğer taraftan, kullanılan yağ çeşidinin de ürünün tekstürel özelliklerini etkilediği görülmektedir. Yağ bazında formülasyona % 2,5 oranında farklı yağlar ilave edilerek üretilen örnekler karşılaştırıldığında, ayçiçeği ve tereyağı kullanılarak üretilen örneklerin sertlik değerinin en yüksek olduğu görülmektedir. Bu oranda yağ ilave edilen örneklerde, en yüksek elastikiyet değeri mısır yağının kullanıldığı örneğe ait olmuştur. % 10 konsantrasyonu incelendiğinde ise, en yüksek sertlik değeri ayçiçeği yağı içeren örnekte tespit edilmiştir. Elastikiyet değerleri göz önünde bulundurulduğunda da, ayçiçek ve mısır yağı içeren örneklerin en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Tez çalışmasının amaçlarından birisikaplama örneklerinin

elastikiyetinin artırılarak ürünlerin kırılmaya karşı direncini artırmaktır. Buna göre, % 10 oranında ayçiçeği veya mısır yağı içeren örneklerin, üretilen bütün örnekler arasında en yüksek elastikiyet değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu iki örnek karşılaştırıldığında ise, ayçiçeği yağı içeren örneğin kırılması için gerekli kuvvetin (sertlik değeri) mısır yağı içeren örneğe göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca palm stearine farklı yağ ilavesi ile kaplamayı kırabilmek için uygulanması gereken kuvvetin düştüğü görülmektedir.

Çikolata kaplamasında farklı yağ kullanımı çikolatanın tekstürel özelliklerini farklı şekillerde etkilemiştir. El-kalyoubi ve ark. (2011)'nin gerçekleştirdiği bir çalışmada, farklı yağ ikamelerinin (palm ve pamuk yağı) çikolata da kullanımının ürünün kalite özelliklerine etkisi araştırılmış ve kullanılan yağ ikame miktarının % 25'den % 75'e artırılmasıyla üretilen ürünlerin spesifik yüzey alanının istatistiksel olarak önemli derecede arttığı görülmüştür. Çikolatanın partikül boyut dağılımı da çikolatanın tekstürel özelliklerini etkilediği belirtilmiştir (Afoakwa ve ark. 2008a). Laurik yağlar, palm çekirdeği veya hindistan cevizi gibi yağlar sadece β' formuna kristalize olabilirler (Talbot 1999) ve bu da son ürün tekstürünü etkileyebilmektedir. Oda sıcaklığında temel olarak sıvı halde bulunan (%15-20 katı) süt yağı çikolatada kullanılırsa çikolata tekstüründe yumuşamaya neden olur (German ve Dillard 1999). Kadivar ve ark. (2016) gerçekleştirdikleri bir çalışmada, kakao yağı eşdeğerleri kullanarak çikolata üretmişler ve formülasyondaki kakao yağı eşdeğeri arttıkça çikolatanın sertliğinde azalma tespit etmişlerdir. Bu sonuçları destekleyen bulgular, bu çalışmada da gözlemlenmiştir. Kaplamada tereyağı kullanımı ürün sertliğinde azalmaya neden olmuştur. Ayrıca ürün formülasyonunda kullanılan yağın katı yağ içeriği de çikolata tekstürü için önemlidir. Çikolatanın sertliği kullanılan yağın katı yağ içeriği arttıkça artış göstermektedir (Full ve ark. 1996). Partiküller arası etkileşim ve ağ yapısı da çikolatanın sıkıştırılabilirliği ve kırılma özelliklerini etkilediğinden çikolatanın tekstüründe değişikliğe neden olmaktadır (Do ve ark. 2007). Bu sebeple ürün formülasyonunda kullanılan yağlara ait yağ asidi profili, yağ asitleri konsantrasyonu ve yağ zincirlerinin uzunluğu da partikül etkileşimlerini farklı derecede etkilemekte ve bu durum ürün tekstüründe de farklılıklara yol açmaktadır. Sonuç olarak, çikolata kaplamasının tekstürel özellikleri ürün kalitesini belirleyen önemli indikatörlerden birisidir. Bu nedenle, çikolata kaplanacak ürünün depolama şartları, depolama koşulları ve depolama sırasında ürüne uygulanacak olası deformasyonlar dikkate alınarak, formülasyonda kullanılacak yağ çeşidi ve kombinasyonunun optimize edilmesi gerekir.

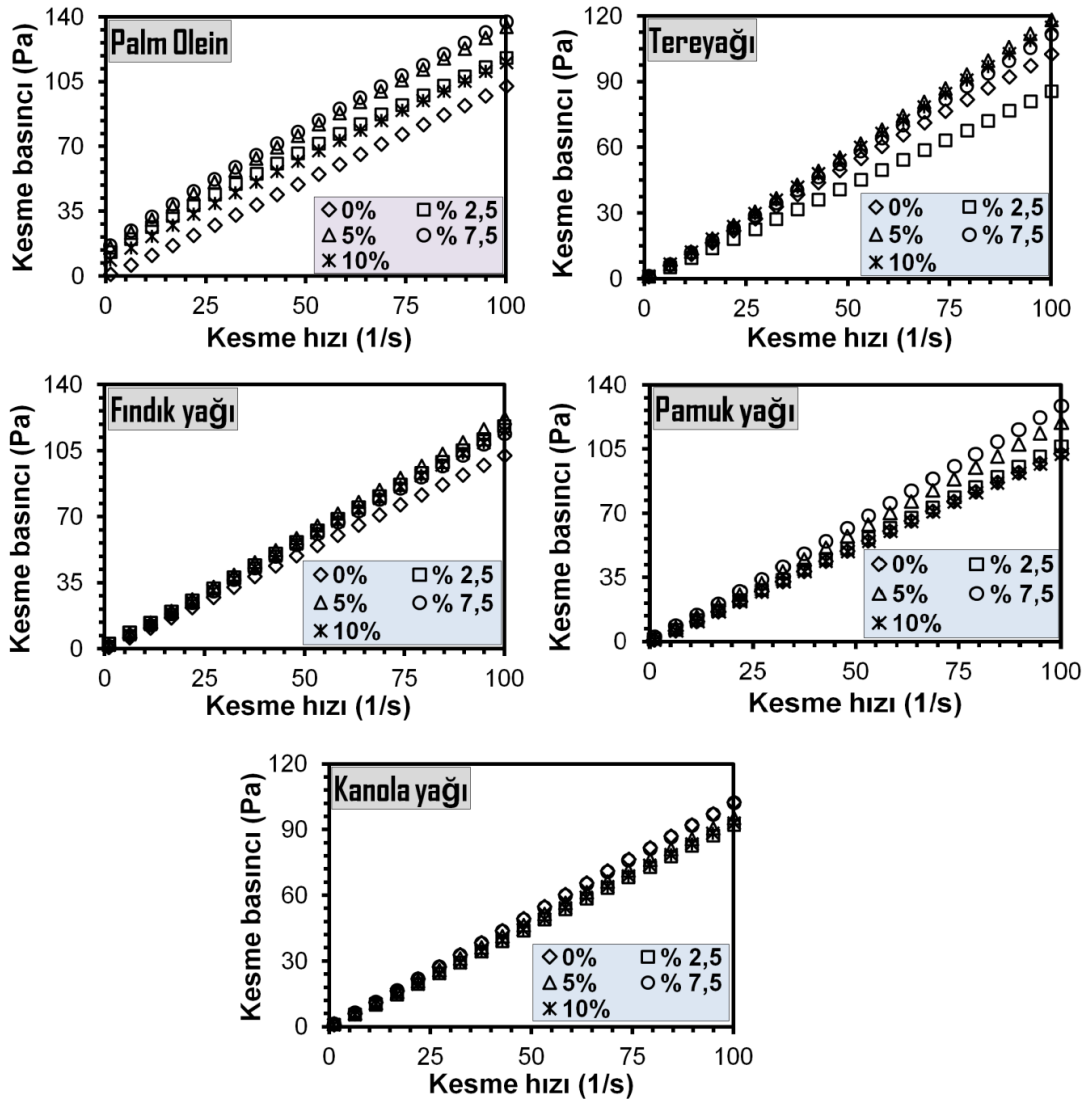
Tez çalışmasının bu aşamasında, çikolata kaplamasının sertlik değerinin yağ konsantrasyonuna bağlı olarak düzenli şekilde azalması nedeniyle, ürün sertliği her bir yağ için konsantrasyona bağlı olarak üssel model (Eşitlik 7) ile modellenmiştir. Fakat elastikiyet değeri, ilave edilen yağ konsantrasyonuna bağlı olarak düzenli şekilde değişmediği için bu parametre modellenememiştir. Tez çalışmasının bu kısmında kullanılan her bir yağ için konsantrasyona bağlı olarak sertlik değişimi Şekil 4.22’de verilmiştir. Şekilde her bir yağ için elde edilen modeller de yer almaktadır. Oluşturulan modellere ait R^2 değerleri 0,822 ile 0,996 arasında değişmektedir. Bu değerlerin bire oldukça yakın olması, oluşturulan modellerin konsantrasyona bağlı olarak kaplamaların sertliğinin tahmin edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Şekilden ve model katsayılarından anlaşılacağı gibi, sertlik parametresinin konsantrasyon değişiminden en az etkilendiği yağ çeşidi palm çekirdeği, en fazla etkilendiği yağ çeşidi ise tereyağı olmuştur. Elde edilen modeller kullanılarak, istenilen sertlik değerinde kaplama üretebilmek için gerekli yağ konsantrasyonunu ayarlamak mümkündür.



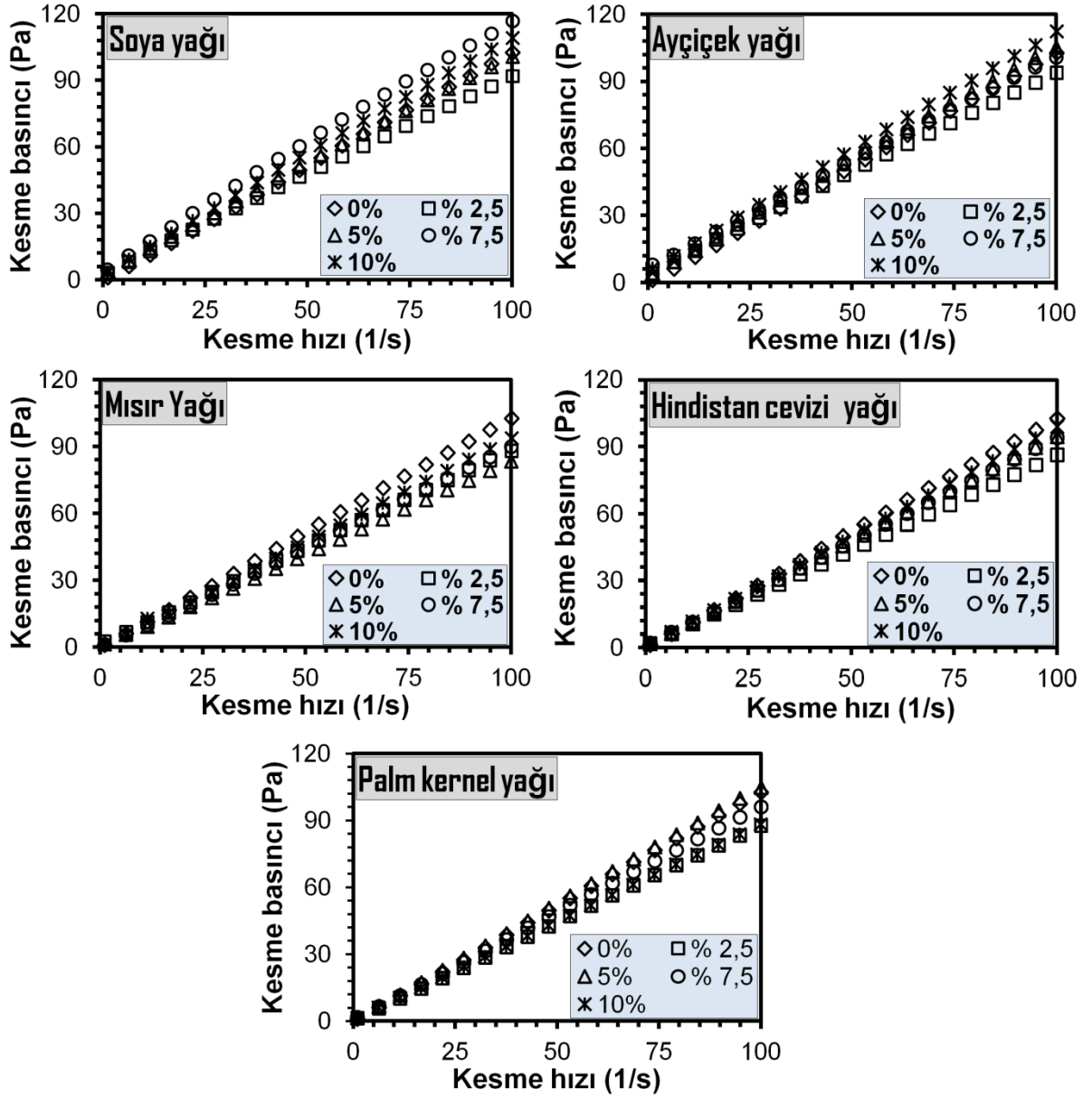
Şekil 4.22. Kaplama formülasyonunda kullanılan yağ konsantrasyonu ile sertlik değerleri arasındaki ilişkinin üssel model ile açıklanması

4.3.2.2.3. Farklı yağ kullanımının kaplamaların reolojik özelliklerine etkisi

Farklı konsantrasyonlarda farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarına ait akış davranış grafiği Şekil 4.23 ve 4.24’de verilmiştir. Çikolata kaplama örneklerine ait kesme hızına karşılık elde edilen kesme basıncı grafiklerinden de anlaşılacağı gibi, farklı yağları içeren çikolata kaplama örneklerine ait grafiklerde eğimin genel olarak sabit olduğu görülmektedir. Bu durum, üretilen çikolata kaplamalarının görünür viskozite değerinin



Şekil 4.23. Farklı konsantrasyonlarda farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarına ait akış davranış grafikleri



Şekil 4.24. Farklı konsantrasyonlarda farklı yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarına ait akış davranış grafikleri

kesme hızı arttıkça değişmediğinin göstergesidir. Kesme hızı ile kesme basıncı arasında bu tür bir ilişkiyi Newton akış davranışının (Eşitlik 5) açıkladığı bilinmektedir. Literatür incelendiğinde, eriyik haldeki çikolata örneklerinin kesme incelmesi davranışına yani kesme hızı arttıkça görünür viskozitenin azalmasının gözlemlendiği bir akış davranışına sahip olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (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), çikolata formülasyonunda palm olein ve pamuk yağı kullanımının ürün kalite parametrelerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, örneklerin

viskozitelerinin kesme hızı arttıkça azaldığını belirtmişlerdir. Tez çalışmasının 1. aşamasında fabrikadan temin edilen örneklerin kesme azalması gösterdiği, 2. ve 3. aşamada ise pilot sistem bilyalı öğütücü kullanılan örneklerin Newtonian davranışa sahip olduğu dikkate alındığında, pilot sistem bilyalı öğütücünün inceltme aşamasında partiküller arasında yeterli yapıyı oluşturamadığı söylenebilir. Önceki kısımlarda, inceltme aşamasında oluşan bu yapının, eriyik çikolatada reolojik özellikleri önemli derecede belirleyici olduğu ifade edilmişti. Bu aşamadaki denemelerde, referans yağlar kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının da kesme azalması davranışına sahip olduğu düşünüldüğünde, formülasyonda kullanılan yağ çeşidinin de kaplamanın reolojik davranışı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Grafiklerde aynı kesme hızı değerindeki kesme basınçları karşılaştırıldığında, formülasyonda kullanılan palm stearin ikame oranının kaplamanın reolojik özelliklerini de etkilediği ortaya çıkmaktadır.

Kesme hızına karşılık elde edilen kesme basıncı grafiği verileri Casson (Eşitlik 4) ve Newton (Eşitlik 5) modellerine uyarlanarak modellere ait ilgili parametreler hesaplanmış ve bu değerlere ait sonuçlar Çizelge 4.22’de özetlenmiştir. Elde edilen verilerin Casson modele uyarlanmasının nedeni, literatürde çikolatanın akış davranışının genel olarak Casson model ile açıklanmasıdır. Farklı çalışmalarda, sütlü çikolatanın (Wichchukit ve ark. 2004, Glicerina ve ark. 2015a, Laličić-Petronijević ve ark. 2015) ve bitter çikolatanın (Efraim ve ark. 2011, Laličić-Petronijević ve ark. 2015) akış davranışını en iyi Casson modelin açıkladığı belirtilmiştir. Bundan dolayı bu çalışmada Casson ve Newton model parametreleri Çizelge 4.3.11’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, sadece palm stearin kullanılarak üretilen çikolata kaplamasının R^2 değeri Casson model için 0,9995 ve Newton Model için 0,9998 olarak belirlenmiştir. Casson model parametrelerinden σ_0 ve η_c değerleri sırasıyla 0,069 Pa ve 1,010 Pa s, Newton modelin tek parametresi olan η değeri ise 1,033 Pa s olarak belirlenmiştir. R^2 değerleri göz önünde bulundurulduğunda, oluşturulan her iki modelin de kaplamanın akış davranışını açıklayabildiği görülmektedir. Fakat σ_0 değerine ait standart sapmanın, ortalama değer 3’te birinden daha fazla olduğu görülmektedir. Böyle bir oran analizin tekrarlanabilirliğinin başarısızlığını gösteren bir durumdur. Fakat paralel sonuçlar incelendiğinde, elde edilen kesme hızına bağlı kesme basıncı sonuçlarının birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu yakınlığa rağmen standart sapmanın bu kadar yüksek çıkması, elde edilen verilerin Casson modele uymamasından kaynaklanmıştır. Benzer durum diğer yağlarda da tespit edildiğinden, çalışmanın bu kısmında kaplama örneklerine ait Newton model

Çizelge 4.22. Çikolata kaplama örneklerine ait Casson ve Newton model parametreleri

Yağ Çeşidi	Kons. (%) [*]	Casson Model Parametreleri			Newton Model Parametreleri	
		σ_0 (Pa)	η_c (Pa s)	R^2	η (Pa s)	R^2
Palm olein	0	0,069 ± 0,026 ^{Ca}	1,010 ± 0,009 ^{Aa}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Da}	0,9998
	2,5	3,637 ± 0,073 ^{Ba}	0,861 ± 0,001 ^{Cc}	0,9985	1,389 ± 0,011 ^{Ca}	0,8829
	5,0	4,044 ± 0,126 ^{Aa}	0,924 ± 0,003 ^{Bd}	0,9982	1,588 ± 0,020 ^{Ba}	0,8786
	7,5	4,195 ± 0,110 ^{Aa}	0,930 ± 0,001 ^{Bde}	0,0081	1,627 ± 0,018 ^{Aa}	0,8731
	10,0	3,761 ± 0,044 ^{Ba}	0,841 ± 0,004 ^{De}	0,9985	1,369 ± 0,017 ^{Ca}	0,8719
Tereyağı	0	0,069 ± 0,026 ^{Ba}	1,010 ± 0,009 ^{Da}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Da}	0,9998
	2,5	0,123 ± 0,019 ^{Ae}	0,893 ± 0,005 ^{Ec}	0,9991	0,857 ± 0,010 ^{Ef}	0,9999
	5,0	0,111 ± 0,026 ^{Ae}	1,080 ± 0,005 ^{Aa}	0,9978	1,166 ± 0,015 ^{Ac}	0,9993
	7,5	0,112 ± 0,018 ^{Af}	1,043 ± 0,004 ^{Cb}	0,9980	1,100 ± 0,011 ^{Cd}	0,9994
	10,0	0,107 ± 0,001 ^{Af}	1,063 ± 0,006 ^{Ba}	0,9983	1,134 ± 0,011 ^{Bd}	0,9995
Fındık	0	0,069 ± 0,026 ^{Ba}	1,010 ± 0,009 ^{Ca}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Ca}	0,9998
	2,5	0,750 ± 0,374 ^{Abcd}	1,028 ± 0,031 ^{BCa}	0,9952	1,207 ± 0,015 ^{ABb}	0,9974
	5,0	0,556 ± 0,174 ^{Ac}	1,074 ± 0,005 ^{Aa}	0,9971	1,253 ± 0,037 ^{Ab}	0,9981
	7,5	0,350 ± 0,109 ^{ABdef}	1,047 ± 0,017 ^{ABb}	0,9977	1,161 ± 0,007 ^{Bc}	0,9995
	10,0	0,485 ± 0,318 ^{ABd}	1,042 ± 0,015 ^{ABCa}	0,9970	1,179 ± 0,037 ^{Bc}	0,9988
Pamuk	0	0,069 ± 0,026 ^{Ca}	1,010 ± 0,009 ^{Ba}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Da}	0,9998
	2,5	0,225 ± 0,021 ^{ABCe}	1,008 ± 0,001 ^{Ba}	0,9978	1,064 ± 0,006 ^{Cc}	0,9995
	5,0	0,441 ± 0,186 ^{ABcd}	1,066 ± 0,013 ^{Aa}	0,9973	1,215 ± 0,015 ^{Bb}	0,9991
	7,5	0,512 ± 0,374 ^{Ade}	1,092 ± 0,032 ^{Aa}	0,9953	1,310 ± 0,001 ^{Ab}	0,9992
	10,0	0,108 ± 0,082 ^{BCf}	0,997 ± 0,010 ^{Bb}	0,9977	1,037 ± 0,010 ^{De}	0,9997
Kanola	0	0,069 ± 0,026 ^{Ba}	1,010 ± 0,009 ^{Aa}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Aa}	0,9998
	2,5	0,109 ± 0,008 ^{Be}	0,941 ± 0,006 ^{Cb}	0,9973	0,928 ± 0,007 ^{Ce}	0,9998
	5,0	0,300 ± 0,197 ^{Ade}	0,946 ± 0,016 ^{Cc}	0,9988	0,977 ± 0,008 ^{Be}	0,9987
	7,5	0,274 ± 0,025 ^{Aef}	0,985 ± 0,002 ^{Bc}	0,9973	1,043 ± 0,013 ^{Ae}	0,9990
	10,0	0,079 ± 0,013 ^{Bf}	0,944 ± 0,001 ^{Cc}	0,9989	0,927 ± 0,002 ^{Cfg}	0,9996
Soya	0	0,069 ± 0,026 ^{Ca}	1,010 ± 0,009 ^{Aa}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{CDa}	0,9998
	2,5	1,047 ± 0,218 ^{Bb}	0,876 ± 0,008 ^{Cc}	0,9991	0,995 ± 0,044 ^{Dd}	0,9827
	5,0	1,118 ± 0,115 ^{Bb}	0,928 ± 0,010 ^{Bd}	0,9991	1,095 ± 0,033 ^{Cd}	0,9824
	7,5	1,432 ± 0,201 ^{Ac}	1,004 ± 0,021 ^{Ac}	0,9990	1,289 ± 0,060 ^{Ab}	0,9744
	10,0	1,020 ± 0,112 ^{Bc}	0,986 ± 0,014 ^{Ab}	0,9994	1,181 ± 0,042 ^{Bc}	0,9842

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.22 devamı

Yağ Çeşidi	Kons. (%) [*]	Casson Model Parametreleri			Newton Model Parametreleri	
		σ_0 (Pa)	η_c (Pa s)	R^2	η (Pa s)	R^2
Ayçiçek	0	0,069 ± 0,026 ^{Ca}	1,010 ± 0,009 ^{Aa}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Ca}	0,9998
	2,5	0,844 ± 0,550 ^{Bbc}	0,888 ± 0,038 ^{Cc}	0,9983	0,977 ± 0,040 ^{Cd}	0,9877
	5,0	1,178 ± 0,130 ^{Bb}	0,946 ± 0,015 ^{Bc}	0,9986	1,140 ± 0,044 ^{Bc}	0,9833
	7,5	2,288 ± 0,189 ^{Ab}	0,837 ± 0,006 ^{Dg}	0,9945	1,132 ± 0,033 ^{Bcd}	0,9565
	10,0	1,907 ± 0,055 ^{Ab}	0,926 ± 0,015 ^{Bc}	0,9722	1,230 ± 0,034 ^{Ab}	0,9723
Mısır	0	0,069 ± 0,026 ^{Ba}	1,010 ± 0,009 ^{Aa}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Aa}	0,9998
	2,5	0,769 ± 0,544 ^{Abcd}	0,863 ± 0,047 ^{CDc}	0,9970	0,923 ± 0,017 ^{BCe}	0,9910
	5,0	0,381 ± 0,135 ^{ABcd}	0,855 ± 0,007 ^{De}	0,9967	0,847 ± 0,015 ^{Df}	0,9986
	7,5	0,253 ± 0,016 ^{Bef}	0,900 ± 0,012 ^{Cf}	0,9974	0,890 ± 0,023 ^{Cg}	0,9987
	10,0	0,255 ± 0,050 ^{Bef}	0,946 ± 0,017 ^{Bc}	0,9979	0,950 ± 0,019 ^{Bf}	0,9984
H. cevizi	0	0,069 ± 0,026 ^{Ba}	1,010 ± 0,009 ^{Aa}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Aa}	0,9998
	2,5	0,554 ± 0,181 ^{Acde}	0,866 ± 0,010 ^{Dc}	0,9979	0,894 ± 0,016 ^{Ce}	0,9967
	5,0	0,470 ± 0,085 ^{AcD}	0,923 ± 0,004 ^{BCd}	0,9978	0,963 ± 0,009 ^{Be}	0,9980
	7,5	0,598 ± 0,153 ^{Ad}	0,908 ± 0,008 ^{Cef}	0,9971	0,972 ± 0,015 ^{Bf}	0,9969
	10,0	0,560 ± 0,162 ^{Ad}	0,937 ± 0,017 ^{Bc}	0,9964	1,014 ± 0,003 ^{Ae}	0,9981
P. çekirdeği	0	0,069 ± 0,026 ^{Ca}	1,010 ± 0,009 ^{Aa}	0,9995	1,033 ± 0,021 ^{Ba}	0,9998
	2,5	0,316 ± 0,022 ^{Bde}	0,896 ± 0,004 ^{Cc}	0,9988	0,899 ± 0,008 ^{De}	0,9985
	5,0	0,345 ± 0,074 ^{Bcd}	0,994 ± 0,003 ^{Ab}	0,9981	1,062 ± 0,021 ^{Ad}	0,9993
	7,5	0,372 ± 0,025 ^{Bdef}	0,955 ± 0,017 ^{Bd}	0,9992	0,987 ± 0,011 ^{Cf}	0,9979
	10,0	0,465 ± 0,008 ^{Ade}	0,881 ± 0,013 ^{Cd}	0,9987	0,907 ± 0,014 ^{Dg}	0,9963

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

parametreleri üzerinde durulmuştur. Newton modeli için hesaplanan R^2 değerlerinin analiz edilen tüm örneklerde bire yakın bulunması da kaplama örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı değerleri arasındaki ilişkinin Newton modeli ile yeterli derecede açıklanabileceğini göstermektedir.

Formülasyonunda farklı oranlarda palm olein içeren çikolata kaplamalarının η değeri 1,389 ile 1,627 Pa s arasında değişmiştir. Palm stearin kullanılarak üretilen yağlar ile kıyaslandığında, formülasyonda palm olein kullanımını son ürün viskozitesinin artmasına neden olmuştur. Palm olein konsantrasyonu kaplama viskozitesini önemli derecede etkilese de ($p < 0,05$), konsantrasyon ile ürün viskozitesi arasında düzgün bir trend gözlemlenmemiştir. %

7,5 oranına kadar viskozite değeri artış göstermişken, daha fazla ilave edilmesi azalmaya neden olmuştur.

Palm stearin yağının kısmen tereyağı ile ikame edilmesi ile üretilen çikolata kaplamalarının R^2 değerleri, 0,857 ve 1,166 Pa s arasında bulunmuştur. Tereyağı konsantrasyonunun da kaplama viskozitesini istatistiksel olarak önemli derecede etkilediği görülmektedir ($p<0,05$). % 2,5 oranında tereyağı içeren kaplamanın viskozite değeri, sadece palm stearin kullanılarak üretilen kaplamanın viskozite değerinden daha düşük bulursa da, yağ bazında % 5, % 7,5 ve % 10 oranında tereyağı içeren kaplamaların viskozite değerleri kontrol örneğinden daha yüksek bulunmuştur. Tereyağı konsantrasyonu ile üretilen çikolata kaplamalarının viskozite değeri arasında düzgün bir trend bulunamamıştır.

Farklı konsantrasyonlarda fındık yağı içeren çikolata kaplamalarının viskozite değerleri 1,161 ve 1,253 Pa s arasında hesaplanmıştır. Genel olarak fındık yağı konsantrasyonu kaplama viskozitesini önemli derecede etkilese de ($p<0,05$), viskozite ile konsantrasyon arasında düzgün bir korelasyon belirlenememiştir.

Yağ bazında % 2,5 ile % 10 arasında pamuk yağı içeren çikolata kaplamalarına ait viskozite değerleri 1,037 ve 1,215 Pa s arasında bulunmuştur. Pamuk yağı konsantrasyonu kaplamaların viskozite değerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0,05$). Formülasyonunda palm olein bulunan kaplamaların viskozite değeri, sadece palm stearin kullanılarak üretilen kaplamalardan daha yüksek ölçülmüştür. % 7,5 pamuk yağı ilavesine kadar kaplama viskozitesinde artış gözlemlenirken, % 10 konsantrasyonda bu değerde azalma görülmüştür.

Formülasyona kanola yağı ilave edilerek üretilen çikolata kaplamalarına ait en yüksek viskozite değerine (1,043 Pa s) % 7,5 oranında kanola yağı içeren örnek, en düşük değere (0,927 Pa s) ise % 10 kanola yağı içeren örnek sahip olmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, kanola yağı konsantrasyonunun ürün viskozitesini önemli derecede ($p<0,05$) etkilediği ancak konsantrasyon ile son ürün viskozitesi arasında anlamlı bir korelasyonun tespit edilemediği görülmektedir.

Soya yağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının viskozite değeri 0,995 Pa s ile 1,289 Pa s arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak analiz edildiğinde,

kaplama reolojisi üzerinde soya yağı konsantrasyonunun etkisi genel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). % 2,5 soya yağı ilavesi ile örneklerin viskozite değeri % 100 palm stearin içeren örneğe göre azalma göstermişken, % 7,5 konsantrasyona kadar viskozite artışı devam etmiştir. Daha yüksek konsantrasyonlarda soya yağı ilave edildiği zaman viskozitede azalma meydana gelmiştir.

Palm stearin yerine kısmen ayçiçeği yağı ilave edilerek üretilen çikolata kaplamalarının viskozite değerleri de 0,977 ve 1,230 Pa s arasında bulunmuştur. Ayçiçek yağı içeren örneklere ait reoloji sonuçları incelendiğinde, kaplama viskozitesinin genel olarak ayçiçeği yağı konsantrasyonu arttıkça arttığı görülmektedir ($p<0,05$).

Çikolata kaplamasında mısır yağı kullanılması ile viskozitenin kontrol örneğine göre azaldığı görülmektedir ($p<0,05$). Farklı konsantrasyonlarda mısır yağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının viskozite değeri 0,847 ile 0,950 Pa s arasında değişiklik göstermiştir. Genel olarak bu çalışmada kullanılan yağ sonuçlarında da görüldüğü gibi, mısır yağı konsantrasyonu ile kaplama viskozitesi arasında düzgün bir ilişki belirlenememiştir.

Tez çalışmasında kullanılan katı yağlardan birisi olan Hindistan cevizi yağı ilave edilerek üretilen çikolata kaplamalarının viskozite değerleri 0,894 ve 1,014 Pa s arasında değişmiştir. Ürün formülasyonunda Hindistan cevizi yağının artması ile kaplama viskozitesinde genel olarak önemli bir artış görülmektedir ($p<0,05$).

Çalışmanın bu kısmında kullanılan son yağ olan palm çekirdeği yağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının viskozite değerleri de 0,899 ve 1,062 Pa s arasında değişiklik göstermiştir. Formülasyonda bulunan palm çekirdeği yağı konsantrasyonu ile kaplama viskozitesi arasında düzgün bir korelasyon bulunamamasına karşın, konsantrasyonun kaplama viskozitesini önemli derecede etkilediği görülmektedir ($p<0,05$).

Sonuçlar incelendiğinde, genel olarak formülasyonda farklı konsantrasyonlarda farklı yağların kullanılmasıyla üretilen tüm kaplama örneklerinin viskozite değerlerinin, kullanılan yağın konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Ayrıca yağ çeşidinin de viskozite değeri üzerinde önemli olduğu belirlenmiştir. Analiz edilen bütün konsantrasyonlarda, en yüksek viskozite değeri palm olein kullanılarak üretilen kaplamalarda ölçülmüştür. En düşük viskozite değerlerine ise % 2,5'lik konsantrasyonda tereyağı kullanılan örnek; % 5 ve % 7,5'lik

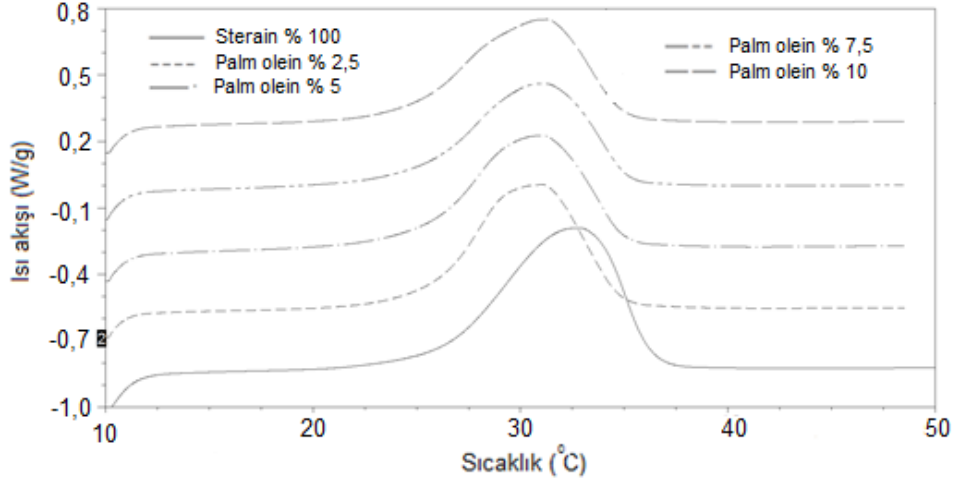
konsantrasyonda mısır yağı içeren örnekler ve % 10'luk konsantrasyonda palm çekirdeği yağı kullanılarak üretilen örnek sahip olmuştur. Özet olarak, kullanılan yağ çeşidi ve konsantrasyonunun ürün viskozitesini önemli derecede etkilediği görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında, çikolata kaplama örneklerinde kaplanacak materyale bağlı olarak kaplama reolojisi dikkate alındığında, üretim prosesinde herhangi bir değişiklik yapılmadan yağ çeşit ve konsantrasyonlarında değişiklik yapılarak en uygun kaplama üretimi sağlanmış olacaktır.

İnceltme işlemi sonrasında partikül boyutlarının küçülmesi ile partiküller arasındaki temas noktalarının artması sıkı bir yapının oluşmasına neden olur. Bu yapı ile çikolata kaplama örneklerinin akma basınç ve plastik viskozite değerleri artış göstermektedir (Chevalley 1991). Çikolata üretim prosesinde uygulanan inceltme işlemi yapıda kümeleşme oluşmasına yol açar (Glicerina ve ark. 2013). Partikül boyutuna ilave olarak, çikolata örneklerinin reolojik özellikleri yağ miktarı ve dağılımına, emülsifiyer çeşidi ve miktarına ve katı partikül miktarı ile partiküllerin şekline bağlı olarak değişim göstermektedir (Glicerina ve ark. 2013). Ürün formülasyonunda yüksek yağ içeriği bulunması durumunda, söz konusu fazla yağ matriksin ıslanması ile partiküller arasındaki boşlukların yağ ile dolmasına ve sonuçta akışa karşı direncin azalmasına neden olur (Afoakwa ve ark. 2008b).

4.3.2.2.3. Farklı yağ kullanımının kaplamaların erime özelliklerine etkisi

Çikolata kaplama formülasyonunda farklı oranlarda palm olein yağı kullanımının üretilen kaplamanın erime profili üzerine etkisi Şekil 4.25'de belirtilmiştir. Sıcaklığa karşılık elde edilen ısı akışı verileri kullanılarak hesaplanan T_{ilk} (erime başlangıç sıcaklığı), T_{pik} (erimenin en hızlı olduğu sıcaklık), T_{son} (erimenin tamamlandığı sıcaklık) ve ΔH (erimenin gerçekleşmesi için gerekli ısı) değerleri Çizelge 4.23'de özetlenmiştir.

Çizelgeden görüldüğü gibi, sadece palm stearin kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının T_{ilk} değeri, 19,82 °C; T_{pik} değeri, 33,03 °C, T_{son} değeri 39,83 °C ve ΔH değeri ise 50,37 J/g olarak bulunmuştur. Palm stearin kullanılarak üretilen kaplamaların erimesi 19,82 °C'de başlamakta ve 39,83 °C'de bu örnekler tamamen eriyik hale geçmektedir. Palm olein kullanılarak üretilen kaplama örneklerinin T_{ilk} değeri 17,07 ile 18,51 °C arasında değişiklik göstermiştir.



Şekil 4.25. Çikolata kaplamada palm olein kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

Kaplama formülasyonunda palm olein kullanımı ile T_{ilk} değerinde az da olsa bir azalma görülmüş ve örneklerin T_{ilk} değerleri arasında genel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Çikolata kaplama formülasyonunda palm olein kullanımı T_{pik} değerinde azalmaya neden olurken, palm olein konsantrasyonunun palm olein içeren örneklerin T_{pik} değerleri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Palm olein içeren kaplamaların T_{son} değerleri 38,33 ve 39,27 °C arasında değişiklik göstermiştir. Palm oleinin yağ bazında % 7,5 konsantrasyona kadar ilave edilmesi T_{son} değerinde istatistiksel olarak önemli değişikliğe neden olmazken ($p > 0,05$), konsantrasyonun % 10'a çıkarılması T_{son} değerinde azda olsa bir düşüşe sebep olmuştur. Palm olein içeren örneklerin ΔH değeri ise 40,82 ve 38,64 J/g arasında değişmiş olup, palm olein içeren örneklerin erimesi için gerekli olan ısı miktarı arasında önemli farklılık belirlenememiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.23. Farklı yağ çeşidi ve konsantrasyonunun çikolata kaplama örneklerinin erime özelliklerine etkisi

Yağ Çeşidi	Kons. (%) [*]	T_{ilk} (°C)	T_{pik} (°C)	T_{son} (°C)	ΔH (J/g)
Palm olein	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	18,51 ± 0,44 ^{ABa}	31,02 ± 0,02 ^{Bbc}	39,27 ± 0,11 ^{ABa}	40,82 ± 2,37 ^{Bde}
	5,0	17,07 ± 0,53 ^{Bf}	30,83 ± 0,18 ^{Bcd}	38,80 ± 0,02 ^{ABcd}	40,58 ± 1,24 ^{Bab}
	7,5	17,40 ± 0,33 ^{Be}	30,95 ± 0,16 ^{Ba}	38,96 ± 0,13 ^{ABa}	38,86 ± 0,09 ^{Bbcd}
	10,0	18,04 ± 1,03 ^{Bbc}	31,06 ± 0,22 ^{Bab}	38,33 ± 0,37 ^{Ba}	38,64 ± 1,20 ^{Babc}
Tereyağı	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	18,80 ± 0,27 ^{ABa}	31,99 ± 0,82 ^{ABa}	39,46 ± 0,27 ^{Aa}	43,55 ± 1,58 ^{Babc}
	5,0	18,50 ± 0,43 ^{Bde}	31,38 ± 0,47 ^{BCab}	39,50 ± 0,05 ^{Aa}	41,11 ± 0,92 ^{BCab}
	7,5	18,73 ± 0,32 ^{ABbcd}	31,07 ± 0,20 ^{BCa}	38,87 ± 0,03 ^{Aa}	40,09 ± 0,95 ^{Cab}
	10,0	18,28 ± 0,01 ^{Bbc}	30,43 ± 0,49 ^{Ccd}	38,89 ± 0,06 ^{Aa}	39,16 ± 0,50 ^{Cab}
Fındık yağı	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	19,06 ± 1,14 ^{Aa}	31,20 ± 0,09 ^{Babc}	38,09 ± 1,83 ^{Aa}	38,97 ± 0,21 ^{Be}
	5,0	19,53 ± 0,26 ^{Abc}	31,26 ± 0,13 ^{Babc}	39,04 ± 0,36 ^{Aabcd}	37,52 ± 2,15 ^{BC}
	7,5	18,77 ± 0,88 ^{Abc}	30,89 ± 0,08 ^{BCa}	38,82 ± 0,33 ^{Aa}	36,00 ± 0,98 ^{BCe}
	10,0	18,42 ± 0,27 ^{Abc}	30,55 ± 0,16 ^{Cbcd}	39,06 ± 0,45 ^{Aa}	35,61 ± 0,91 ^{Cd}
Pamuk yağı	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	19,62 ± 0,19 ^{Aa}	31,43 ± 0,01 ^{Babc}	38,74 ± 0,06 ^{Aa}	40,52 ± 0,62 ^{Bde}
	5,0	18,48 ± 0,25 ^{Bde}	31,12 ± 0,07 ^{BCbc}	39,14 ± 0,35 ^{Aabc}	39,68 ± 0,74 ^{Bb}
	7,5	18,63 ± 0,03 ^{Bbcd}	30,89 ± 0,01 ^{Ca}	38,65 ± 0,03 ^{Aab}	39,85 ± 0,49 ^{Babc}
	10,0	17,45 ± 0,06 ^{Cc}	30,90 ± 0,16 ^{Cabc}	38,96 ± 0,40 ^{Aa}	36,93 ± 1,03 ^{Ccd}
Kanola yağı	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	19,23 ± 0,25 ^{ABa}	31,29 ± 0,05 ^{Babc}	38,76 ± 0,40 ^{Aa}	41,82 ± 0,63 ^{Bbcd}
	5,0	19,67 ± 0,33 ^{ABb}	31,27 ± 0,08 ^{Babc}	38,91 ± 0,40 ^{ABcd}	39,91 ± 0,26 ^{BCb}
	7,5	18,82 ± 0,67 ^{ABbc}	31,04 ± 0,06 ^{Ba}	38,78 ± 0,48 ^{Aa}	39,47 ± 1,03 ^{Cabc}
	10,0	18,30 ± 0,60 ^{Bbc}	31,05 ± 0,06 ^{Bab}	39,06 ± 0,45 ^{Aa}	36,60 ± 0,06 ^{Dcd}
Soya yağı	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	18,80 ± 0,11 ^{ABa}	30,85 ± 0,12 ^{Bc}	39,04 ± 0,06 ^{ABa}	41,39 ± 0,77 ^{Bcd}
	5,0	17,87 ± 0,20 ^{Bef}	30,58 ± 0,21 ^{Bd}	39,01 ± 0,06 ^{ABabcd}	37,30 ± 0,15 ^{Cd}
	7,5	17,99 ± 0,13 ^{Bcde}	30,56 ± 0,31 ^{Bb}	37,79 ± 0,06 ^{Cc}	36,98 ± 0,76 ^{Cde}
	10,0	18,46 ± 0,96 ^{ABbc}	30,39 ± 0,47 ^{Bcd}	38,55 ± 0,16 ^{BCa}	35,86 ± 1,12 ^{Cd}

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.23 devamı

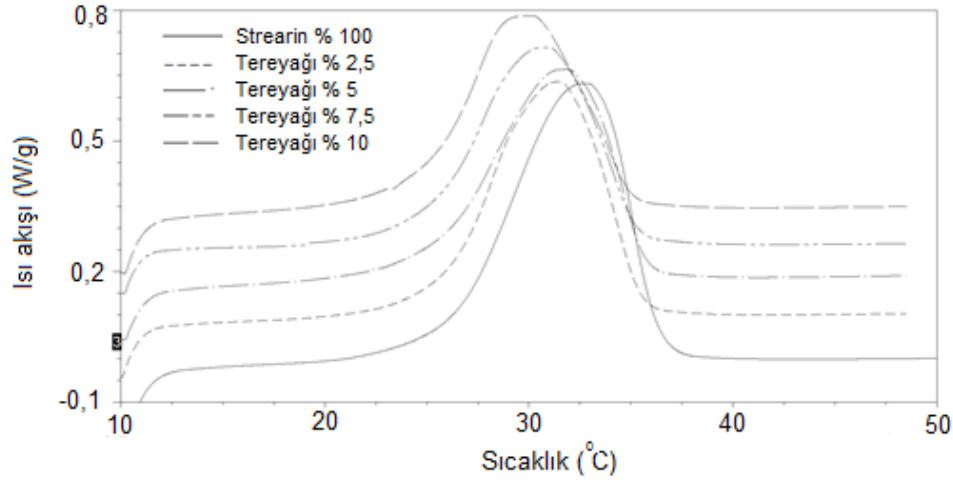
Yağ Çeşidi	Kons. (%) [*]	T_{ilk} (°C)	T_{pik} (°C)	T_{son} (°C)	ΔH (J/g)
Ayçiçek yağı	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	19,15 ± 0,28 ^{ABa}	31,78 ± 0,91 ^{Bab}	38,99 ± 1,21 ^{ABa}	42,65 ± 0,18 ^{Babcd}
	5,0	18,79 ± 0,46 ^{ABcd}	30,84 ± 0,11 ^{BCcd}	38,51 ± 0,37 ^{ABd}	39,42 ± 0,28 ^{Cbc}
	7,5	19,30 ± 0,11 ^{ABb}	31,03 ± 0,08 ^{BCa}	37,83 ± 0,37 ^{Bbc}	37,17 ± 0,82 ^{Dde}
	10,0	18,33 ± 0,25 ^{Bbc}	30,14 ± 0,17 ^{Cd}	38,32 ± 0,69 ^{ABa}	35,28 ± 0,84 ^{Dd}
Mısır yağı	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	19,03 ± 0,30 ^{ABCa}	31,47 ± 0,04 ^{Babc}	39,72 ± 0,87 ^{Aa}	43,92 ± 0,71 ^{Bab}
	5,0	19,23 ± 0,57 ^{ABcd}	31,35 ± 0,13 ^{BCab}	39,11 ± 0,28 ^{Aabc}	40,58 ± 0,16 ^{Cab}
	7,5	17,66 ± 0,16 ^{Cde}	31,16 ± 0,10 ^{BCa}	39,12 ± 0,37 ^{Aa}	40,93 ± 1,56 ^{BCa}
	10,0	17,82 ± 0,81 ^{BCbc}	30,92 ± 0,03 ^{Cabc}	39,00 ± 0,54 ^{Aa}	38,47 ± 1,75 ^{Cbc}
H. cevizi	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	19,61 ± 0,82 ^{Aa}	31,50 ± 0,04 ^{Babc}	39,51 ± 0,84 ^{Aa}	44,29 ± 1,17 ^{Ba}
	5,0	20,70 ± 0,45 ^{Aa}	31,49 ± 0,18 ^{Bab}	39,31 ± 0,05 ^{Aabc}	42,34 ± 0,24 ^{BCa}
	7,5	20,70 ± 0,91 ^{Aa}	31,17 ± 0,01 ^{Ba}	38,56 ± 0,43 ^{Aabc}	40,87 ± 0,84 ^{Ca}
	10,0	20,26 ± 0,24 ^{Aa}	31,13 ± 0,09 ^{Ba}	38,74 ± 0,81 ^{Aa}	40,75 ± 0,59 ^{Ca}
P. çekirdeği	0	19,82 ± 0,74 ^{Aa}	33,03 ± 0,37 ^{Aa}	39,83 ± 0,91 ^{Aa}	50,37 ± 1,27 ^{Aa}
	2,5	18,97 ± 0,39 ^{Aa}	31,61 ± 0,04 ^{BCabc}	39,70 ± 0,45 ^{Aa}	42,13 ± 0,35 ^{Babcd}
	5,0	19,20 ± 0,03 ^{ABcd}	31,66 ± 0,15 ^{Ba}	39,40 ± 0,03 ^{Aab}	39,88 ± 0,65 ^{Cb}
	7,5	19,17 ± 0,16 ^{Ab}	31,13 ± 0,08 ^{CDa}	38,80 ± 0,78 ^{Aa}	37,90 ± 0,60 ^{Dcde}
	10,0	18,88 ± 0,11 ^{Ab}	31,03 ± 0,15 ^{Dab}	38,39 ± 0,28 ^{Aa}	38,35 ± 0,16 ^{CDbc}

*Formülasyonda bulunan yağ miktarındaki yüzdeyi ifade eder.

Farklı büyük harfler konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

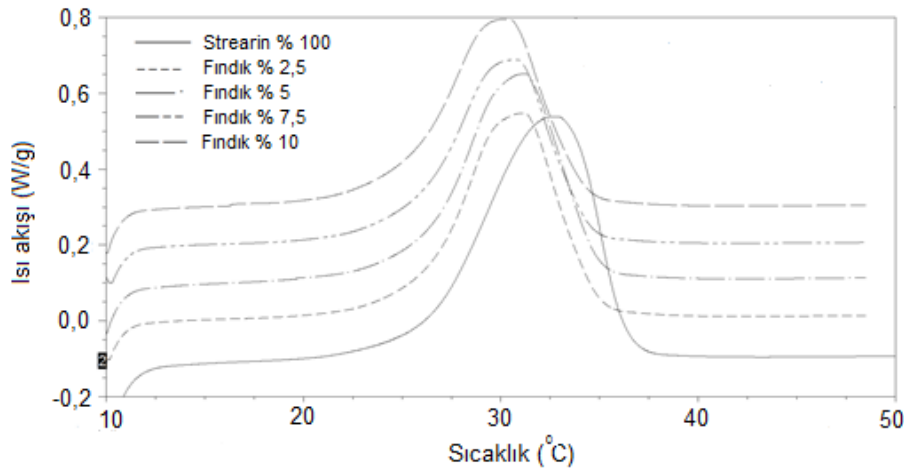
Farklı küçük harfler aynı konsantrasyonda yağlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir ($p < 0,05$).

Tereyağı içeren çikolata kaplamalarına ait erime profili Şekil 4.26’da gösterilmiştir. Yağ bazında % 2,5 ve % 10 arasında tereyağı içeren kaplama örneklerinin T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son} değerleri sırasıyla 18,28-18,80 °C, 30,43-31,99 °C ve 38,87-39,50 °C aralıklarında değişiklik göstermiştir. Tereyağı içeren örneklere ait sonuçlar istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, T_{ilk} ve T_{son} değerlerinin tereyağı konsantrasyonundan önemli derecede etkilenmediği görülmektedir ($p > 0,05$). T_{pik} değeri ise tereyağı konsantrasyonu arttıkça önemli derecede azalma göstermiştir ($p < 0,05$). Bu gruptaki örneklerin ΔH değerleri de 43,55 ve 39,16 J/g arasında değişmekte olup, formülasyona ilave edilen tereyağı konsantrasyonu arttıkça genel olarak azalmaktadır ($p < 0,05$).



Şekil 4.26. Çikolata kaplamada tereyağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

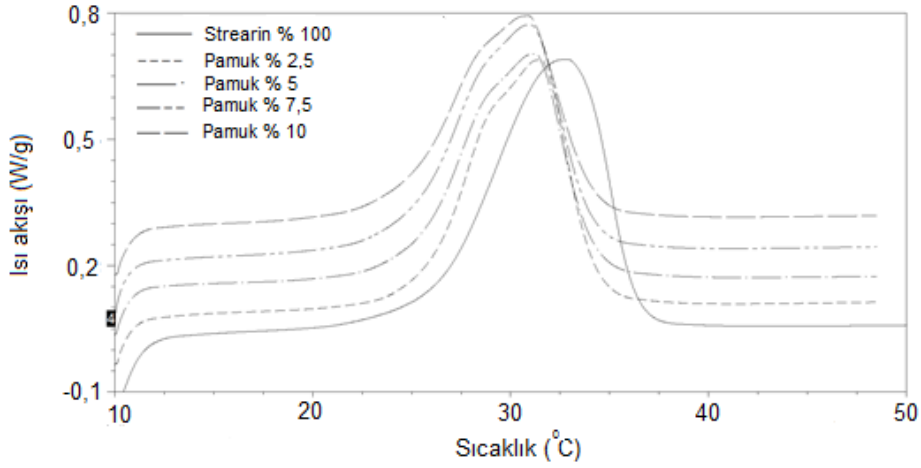
Farklı oranlarda fındık yağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarına ait erime grafiği de Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Grafikte belirtilen veriler yardımıyla hesaplanan erime parametreleri de Çizelge 4.23’de özetlenmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, fındık yağı içeren çikolata kaplamalarının T_{ilk} ve T_{son} değerleri sırasıyla 18,42-19,06 °C ve 38,09-39,06 °C arasında değişmekte olup, fındık yağının bu iki parametre üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).



Şekil 4.27. Çikolata kaplamada fındık yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

T_{pik} değeri ise 30,55 ve 31,26 arasında bulunmuş ve bu değer genel olarak fındık yağı konsantrasyonu arttıkça azalmıştır ($p<0,05$). Fındık yağı içeren kaplamalara ait ΔH değerleri ise 35,61 ve 38,97 J/g arasında değişmiştir. Fındık yağı konsantrasyonu arttıkça ΔH değerinin de genel olarak azaldığı tespit edilmiştir ($p<0,05$).

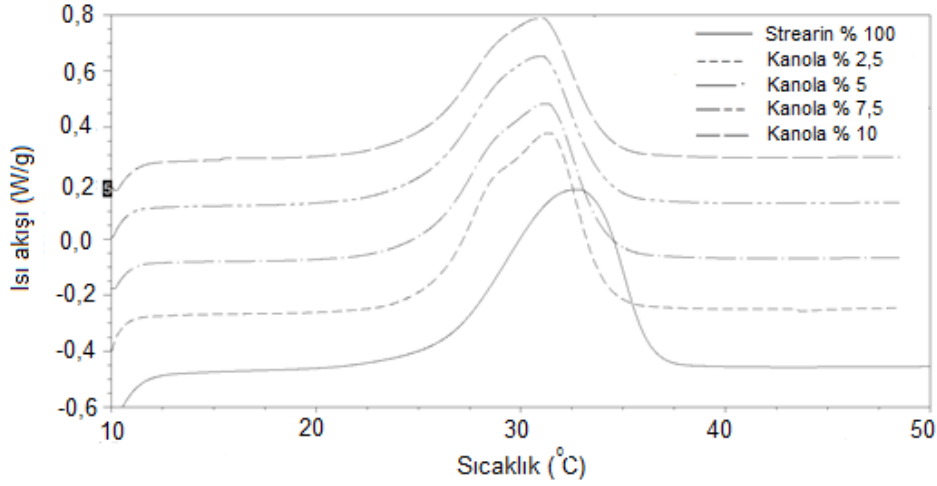
Çikolata kaplama formülasyonuna yağ bazında % 2,5 ile 10 arasında pamuk yağı ilavesinin son ürüne ait erime profiline etkisi Şekil 4.28’ de gösterilmiştir. Elde edilen grafik kullanılarak hesaplanan erime parametreleri de Çizelge 4.23’de özetlenmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi, çikolata kaplamalarının T_{ilk} ve T_{pik} değerleri, formülasyonda bulunan pamuk yağı oranının artmasıyla genel olarak azalma göstermiştir.



Şekil 4.28. Çikolata kaplamada pamuk yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

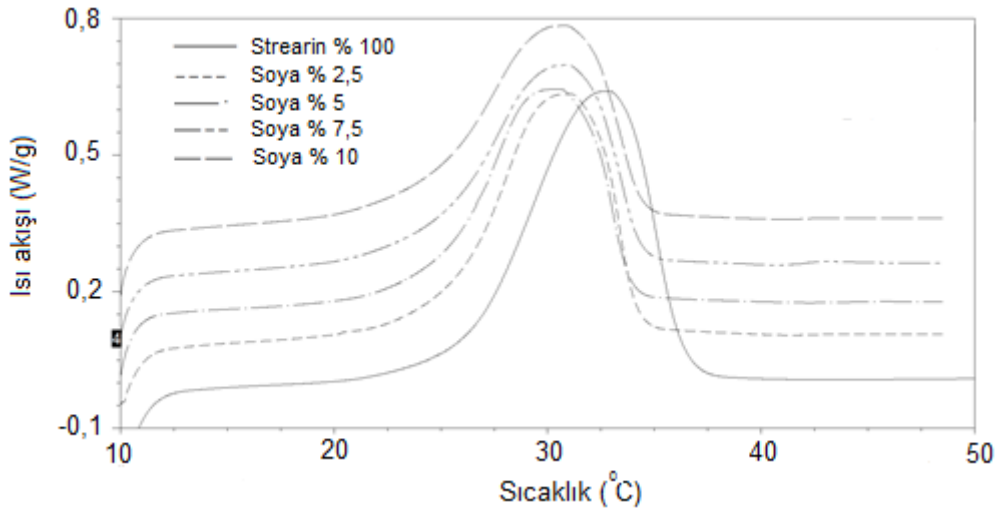
Söz konusu değerler sırasıyla 19,62-17,45 °C ve 31,43-30,89 °C arasında bulunmuştur. T_{son} değerleri 38,65 °C ve 39,14 °C arasında değişmekte olup, pamuk yağı konsantrasyonunun kaplamanın T_{son} değeri üzerindeki etkisi önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Pamuk yağı içeren örneklerin ΔH değerleri 40,52 J/g ve 36,93 J/g arasında ölçülmüş olup, pamuk yağı konsantrasyonunun artması erime için gerekli olan ısının genel olarak azalmasına sebep olmuştur.

Çikolata kaplamasında kanola yağı kullanımının, kaplamanın erime profiline etkisi, Şekil 4.29’da gösterilmiştir. Çizelge 4.23’den de görüldüğü gibi, kanola yağı içeren kaplamaların T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son} değerleri sırasıyla 18,30-19,67 °C, 31,04-31,29 °C ve 38,76-38,91 °C arasında değişiklik göstermiştir. Kanola yağı içeren çikolata kaplamalarının T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son} değerleri üzerinde kanola yağı konsantrasyonunun etkisi genel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Kaplamaların ΔH değeri incelendiğinde ise formülasyonda kullanılan kanola yağı oranı arttıkça ΔH değerinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.29. Çikolata kaplamada kanola yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

Çikolata kaplama formülasyonunda palm stearin yerine kısmen soya yağı kullanılarak üretilen çikolata kaplamalarının erime profili, Şekil 4.30'da verilmiştir. Soya yağı içeren çikolata kaplamalarının T_{ilk} , T_{pik} , T_{son} ve ΔH değerleri, Çizelge 4.23'de verilmiştir. Örneklerin T_{ilk} ve T_{pik} değerleri sırasıyla 17,87-18,80 °C ve 30,39-30,85 °C arasında değişmiş olup, kanola yağı konsantrasyonu genel olarak bu iki parametreyi önemli derecede etkilememiştir ($p>0,05$).

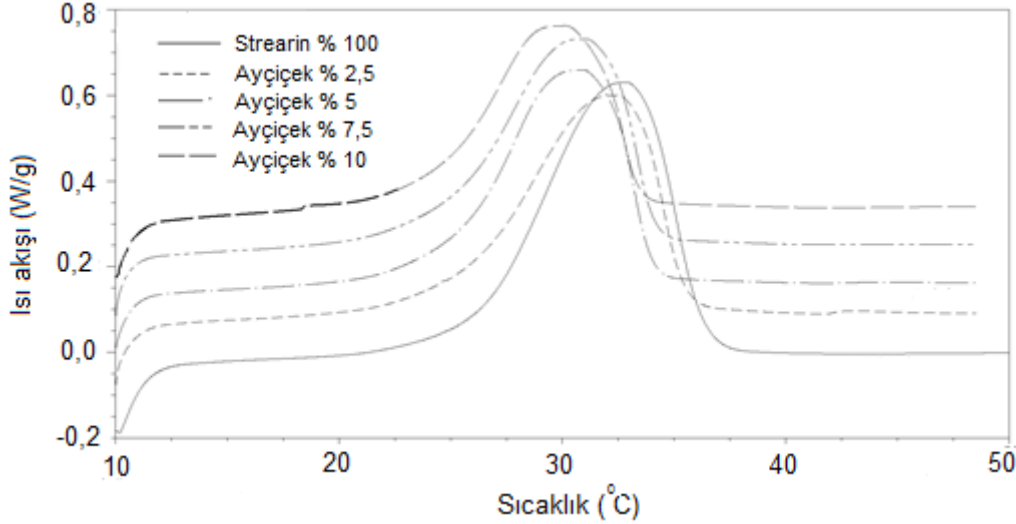


Şekil 4.30. Çikolata kaplamada soya yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

Kaplamaların T_{son} değerleri 37,79 °C ve 39,04 °C arasında değişmiş ve kanola yağı konsantrasyonunun artmasıyla söz konusu değerler azalma göstermiştir. Yağ bazında % 2,5 oranında soya yağı içeren kaplamaların ΔH değeri 41,39 J/g olarak bulunmuştur. % 5 oranında

soya yağı ilavesi ΔH değerinin azalmasına yol açmış ($p<0,05$), daha yüksek konsantrasyonda soya yağı kullanımı ise ΔH değerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır ($p>0,05$).

Ayçiçek yağı içeren kaplama örneklerinin erime profilleri Şekil 4.31’de ve bu örneklere ait erime parametreleri de Çizelge 4.23’de verilmiştir. Görüldüğü gibi kaplama

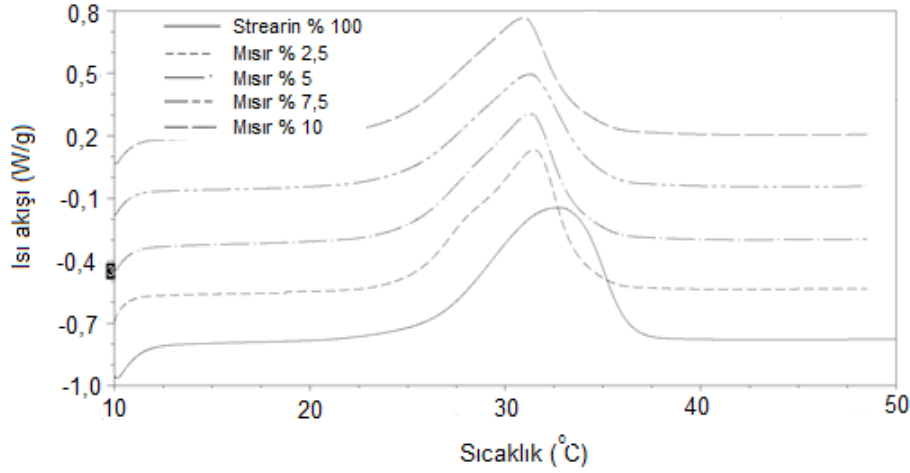


Şekil 4.31. Çikolata kaplamada ayçiçek yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

örneklerinin T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son} değerleri sırasıyla 18,33-19,30 °C, 30,14-31,78 °C ve 37,83-38,99 °C arasında değişmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi, ayçiçek yağı konsantrasyonu T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son} değerleri üzerinde genel olarak önemli bir değişikliğe neden olmamıştır ($p>0,05$). Ayçiçek yağı içeren kaplamaların ΔH değerleri 42,65 ile 35,28 J/g arasında değişmiştir. Formülasyonda kullanılan ayçiçeği yağı oranının artması kaplama örneklerinin ΔH değerinde önemli derecede azalmaya neden olmuştur ($p<0,05$).

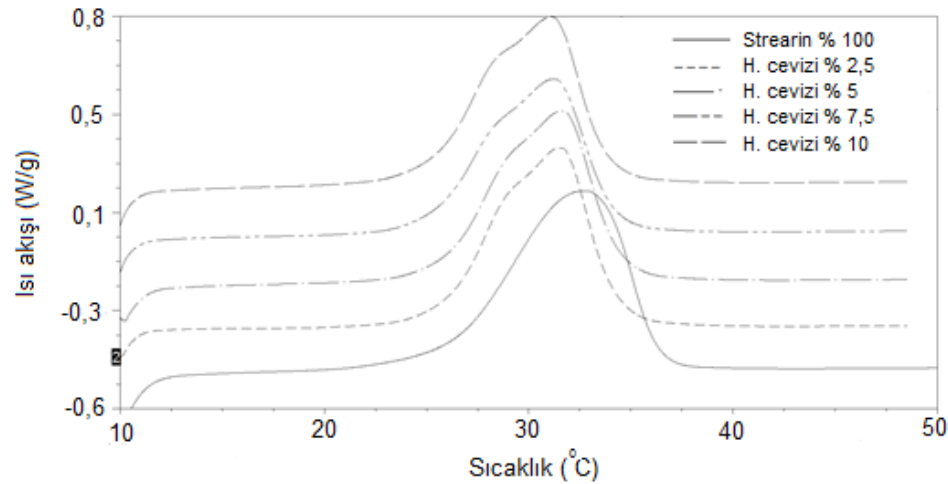
Tez çalışmasının bu kısmında kullanılan yağlardan bir diğeri olan mısır yağı ile üretilen çikolata kaplamalarına ait sıcaklığa bağlı ısı akış değişimi de Şekil 4.32’de gösterilmiştir. Bu grafikten yararlanılarak hesaplanan erime parametreleri, Çizelge 4.23’de özetlenmiştir. Mısır yağı oranının artması kaplamanın T_{ilk} ve T_{pik} değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Söz konusu iki değer sırasıyla 17,66-19,23 °C ve 30,92-31,47 °C arasında değişiklik göstermiştir. Mısır yağı kullanımı bir diğ erime parametresi olan T_{son} değeri üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkiye yol açmamıştır ($p>0,05$). Mısır yağı içeren kaplama örneklerinin ΔH değerleri

38,47 J/g ve 43,92 J/g ölçülmüş ve erime için gerekli ısıyı temsil eden bu değer, örneklerde bulunan mısır yağı konsantrasyonunun artmasıyla azalma-göstermiştir.



Şekil 4.32. Çikolata kaplamada mısır yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

Tez çalışmasında kullanılan doymuş yağ oranı yüksek yağlardan birisi olan Hindistan cevizi yağı kullanımının, çikolata kaplamalarının erime profilleri üzerine etkisi Şekil 4.33’de gösterilmiştir. Hindistan cevizi yağı kullanılarak üretilen kaplama örneklerinin T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son}



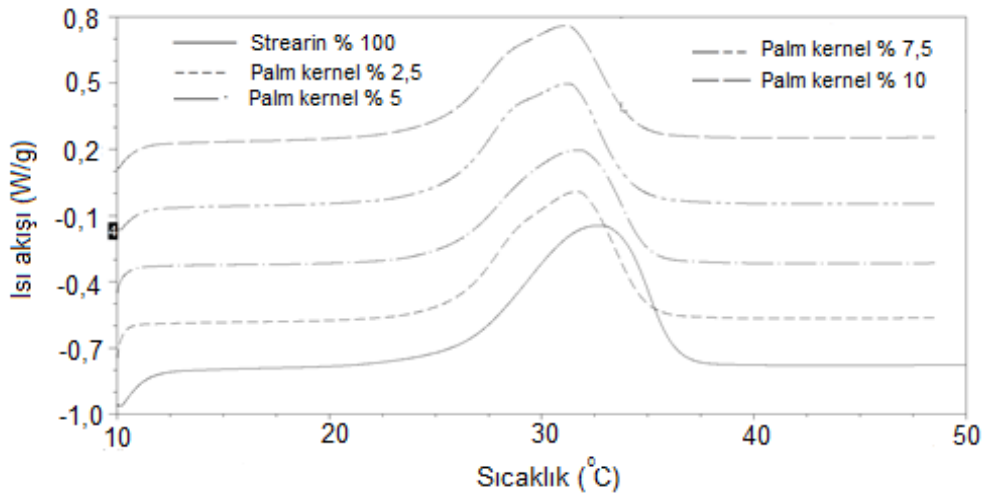
Şekil 4.33. Çikolata kaplamada Hindistan cevizi yağı kullanımının kaplamanın erime özelliklerine etkisi

değerleri sırasıyla 19,61-20,70 °C, 31,13-31,50 °C ve 38,56-39,51 °C arasında bulunmuştur. Çizelge 4.23’den görüldüğü gibi, formülasyonda bulunan Hindistan cevizi yağı konsantrasyonunun erime başlangıcını, erimenin en hızlı olduğu ve erimenin tamamlanmasını simgeleyen bu üç önemli sıcaklık parametresi üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemsiz

bulunmuştur ($p>0,05$). Kaplamaların ΔH değerleri 44,29 J/g ile 40,75 J/g arasında değişmiş ve söz konusu değerler Hindistan cevizi yağı konsantrasyonu artışı ile genelde azalma göstermiştir.

Çalışmanın bu aşamasında kullanılan son yağ olan palm çekirdeği yağı kullanılarak üretilen kaplamaların erime profilleri, Şekil 4.34’de gösterilmiştir. Palm çekirdeği yağı içeren kaplamalara ait T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son} değerleri sırasıyla 18,88-19,20 °C, 31,03-31,66 °C ve 38,39-39,70 °C arasında değişmiş olup (Çizelge 4.23), palm çekirdeği yağı kullanımının bu üç parametre üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Bu gruptaki kaplama örneklerine ait ΔH değerleri palm çekirdeği yağı kullanımı ile azalmış olup 42,13 J/g ve 37,90 J/g arasında değişmiştir.

Yukarıdaki sonuçlardan anlaşılacağı gibi, genel olarak çikolata kaplamalarının erime özellikleri üzerinde kullanılan yağ konsantrasyonu az da olsa önemli etkiye sahiptir. % 2,5 yağ oranında yağ çeşitlerinin T_{ilk} ve T_{son} değerleri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuşken ($p>0,05$), T_{pik} ve ΔH değerleri üzerinde yağ çeşitleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Diğer konsantrasyonlar incelendiğinde ise, tüm erime parametrelerinde yağ çeşidi arasında bazı farklılıklar gözlemlenmiştir. Çikolata kaplamalarının erime özellikleri üzerindeki yağ etkisinin,



Şekil 4.34. Çikolata kaplamada palm kernel yağı kullanımının kaplamaların erime özelliklerine etkisi

formülasyonda kullanılan yağların yağ asidi içeriği arasındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Jahurul ve ark. 2014). Yağ asidi içeriğindeki farklılıktan kaynaklanan yağların sıcaklığa bağlı katı yağ oranındaki değişim de, çikolata kaplamasının erime özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Erime pikinin geniş veya dar oluşu

da okolata özelliklerini önemli derecede etkilerken, yağ çeşidinin pik davranışları üzerinde etkili olduğu elde edilen grafiklerden görülmektedir. okolatalarda keskin ve dar bir erime piki arzu edilirken, böyle erime pikine sahip okolataların vücut ısısında hızla eridiği, ferahlama hissi ve hızlı aroma çıkışına sahip olduğu belirtilmiştir (Schlichter-Aronhime ve Garti 1988). Geniş piklere sahip okolataların daha düşük ferahlama hissi verdiği ve daha az yoğunlukta aroma salınımı gösterdikleri belirtilmiştir (Kadivar ve ark. 2016).

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, okolatanın erime özelliklerinin özellikle de oda sıcaklığında katı halde kalarak vücut sıcaklığında eriyebilmesinin okolataya ait önemli kalite parametreleri arasında olduğu düşünüldüğünde, formülasyonda kullanılacak yağ çeşidi ve konsantrasyonunun, son ürünün erime özellikleri dikkate alınarak belirlenmesi gerekmektedir. rn depolama koşulları göz önünde bulundurularak, okolata kaplama formülasyonunda kullanılacak yağ çeşidi ve miktarının optimize edilmesi, üründe istenilen kaliteye ulaşılabilmesi açısından oldukça önemlidir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çikolata, eşsiz tat ve aromasından dolayı Dünya'nın her tarafında her kesim insan tarafından sevilerek tüketilen bir üründür. Çikolatanın tüketiciler üzerindeki olumlu algısı, endüstriyi çikolatayı farklı formlarda üretmeye yönlendirmiştir. Bu formlardan bir çeşiti olan çikolata kaplaması, kakao yağı yerine maliyeti düşürmek için farklı yağların kullanımı ile üretilen bir üründür. Çikolata kaplaması, bisküvi, kek, gofret, yaş pasta, lokum, cezerye ve bazı kuruyemişlerin üretiminde yüzeyin kaplanması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Çikolata kaplamasının kullanıldığı ürünlerin herbirisinin ambalaj özellikleri, taşınması ve depolanması farklı olduğu için kullanılan çikolata kaplamalarının da özelliklerinin farklı olması arzu edilmektedir. Aksi halde yüzeyde bulunan çikolata kaplamasında meydana gelen çatlamlar ve kırılmalar, ürün albenisini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, çikolata kaplama üretim prosesinin ve çikolata kaplamada farklı yağ kullanımının ürünün kalite özellikleri üzerinde etkisi araştırılmıştır.

Çalışmanın birinci ve ikinci kısmında üretim prosesinin çikolata kaplama kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çikolata kaplamasının bilyalı öğütücü kullanılarak üretiminde uygulanan devir hızının ve süresinin kaplama özelliklerini (özellikle reoloji, partikül boyutu ve tekstür) önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. İnceltme prosesi sırasında yağ partiküllerinin şeker partiküllerinin çevresini sarması ile oluşan yapının yüksek devir hızlarında daha hızlı oluştuğu görülmüştür. Yüksek ve düşük devir hızları ile çikolata kaplamaları aynı partikül boyutunda üretilse de ürün viskozitesinin yüksek devir hızında daha büyük olduğu belirlenmiştir. Çikolata kaplamasının kalite parametreleri yanıt yüzey metodu kullanılarak mil devir hızı ve sürenin bir fonksiyonu olarak modellenmiştir. Kaplama prosesinin etkinliği açısından oldukça önemli rol oynayan viskozite değerinin, devir hızı ve süreye bağlı olarak oluşturulabilecek bir model ile optimize edilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu durum maliyet, zaman ve ürün kalitesi açısından üretici firmalara önemli avantajlar sağlayacaktır. Kaplama prosesinde, kıvamlı bir ürünün kaplama aşamasında kaplanacak materyalin yüzeyine yayılmasını zorlaştıracığı ve düşük kıvamına sahip bir ürünün ise yüzeye tutulmasında problemlere sebep olacağı düşünüldüğünde optimum viskozite belirlendikten sonra oluşturulan matematiksel model kullanılarak üretim prosesinin optimize edilmesi oldukça önemlidir. Çikolata ve ürünlerinde önemli bir kalite kriteri olan partikül boyutunun, kaplamanın kullanıldığı ürün ve tüketildiği bölgedeki duyuşsal kriterler dikkate alınarak mil hızı ve inceltme süresi ile ayarlanabileceği de görülmüştür. Ayrıca yüksek mil hızında bilyaların

sürtünmesinden dolayı metal tadının çikolata da oluşması riski gözönünde bulundurularak proste gerekli optimizasyonun yapılabileceği de ortaya çıkmıştır. Ayrıca kaplama prosesinin gerçekleştirileceği sıcaklık seviyesi de, çikolata kaplamasının reolojik özelliklerinin sıcaklığa bağlı değişimindeki veriler yardımıyla optimize edilebilir. Çalışma bünyesinde kaplamaların viskozite değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi de Arrhenius eşitliği ile modellenerek ürünün istenilen viskoziteyi elde edebilecek sıcaklık değerinin de belirlenebilmesi mümkündür. Fakat sıcaklık optimizasyonu aşamasında özellikle uygulanacak sıcaklık değerinin yapıda bulunan proteinleri denatüre etmeyecek şekilde ayarlanması gerekmektedir. Aksi halde proteinler denatüre olarak ürünün duysal özelliklerinde ve özellikle de kıvamında problemlere neden olacaktır. Viskoz kaplamanın kaplanacak materyalin yüzeyine tutunmama riski ve çok kıvamlı ürünün kaplama prosesi sırasında neden olabileceği zorluklar gözönünde bulundurularak çikolata kaplaması için en uygun kıvamın uygulanabilecek mil hızı/süre/sıcaklık optimizasyonu ile elde edilebileceği tespit edilmiştir. Böylece maliyet hesapları ve ürün kalite özellikleri dikkate alınarak arzu edilen kalite minimum maliyet ile üretilebilecektir.

Çikolata kaplamasının çok farklı ürünlerin yüzeyinin kaplanmasında kullanıldığı düşünüldüğünde, kaplanan materyalin kalite özelliklerine bağlı olarak çikolata kaplamasının da bu ürünlere uygun özelliklere sahip olması gerekmektedir. Gofret, bisküvi ve çerez gibi ürünlerin kaplanmasında kullanılan çikolata kaplamasında kırılma arzu edilirken yaş pasta ve kek gibi elastik özelliklere sahip ürünler de kullanılacak kaplamanın ise elastikiyetinin yüksek olması istenmektedir. Yaş pasta ve kek gibi elastik yapıya sahip gıdalarda çok kırılma bir yapıya sahip çikolata kaplaması kullanılması ürün yüzeyinde depolama ve taşınma sırasında kırılma/çatlama problemlerine neden olarak ürünün kalite özelliklerini olumsuz derecede etkilemektedir. Dolayısıyla çikolata kaplamasının tekstürel özelliklerinin kaplanacak hedef materyalin özelliklerine göre optimize edilmesi arzu edilen kalitede ürün üretimi açısından oldukça önemlidir. Çikolata kaplamasının kullanıldığı ürün şartlarına bağlı olarak kırılma/çatlama probleminin minimize edilmesinin formülasyonda kullanılan yağ çeşidinin optimize edilmesiyle mümkün olabileceği ortaya çıkmıştır. Yaş pasta, kek gibi elastikiyetin önem kazandığı ürünlerde elastikiyeti artırılmış çikolata kaplamalarının kullanımı daha uygun olacaktır. Sonuçlar incelendiğinde çikolata kaplama formülasyonunda yağ bazında palm sterain yağına % 7,5 oranında kanola yağı veya % 10 oranında ayçiçek veya mısır yağı ilave edilmesi kaplamanın elastikliğini artırmasından dolayı kek ve yaş pasta gibi ürünlerde bu formülasyonlar ile üretilen çikolata kaplamalarının kullanımı daha uygun olacaktır. Kırılma ön planda

olduğu ürünlere ise palm stearin/Hindistan cevizi yağı karışımı kullanılarak üretilen kaplamaların daha uyumlu olacağı tespit edilmiştir. Çikolata ve ürünlerinde çok önemli bir kalite parametresi olan erime özelliklerinin de formülasyonda yağ bazında % 10'a kadar sıvı yağ kullanılmasından olumsuz derecede etkilememesi, çikolata kaplamasında farklı yağların kullanılabilceğini göstermektedir. Çikolata kaplama üretiminde farklı yağ kullanımı ürünün reolojik özelliklerini önemli derecede etkilememesi, kaplama prosesinde ciddi derecede değişikliğe neden olmaması da (sadece sıcaklık optimizasyonu ile tolere edilebilecek farklılıklar) bu yağların ürün formülasyonunda kullanılabilmesi noktasında ilave bir avantaj sağlamaktadır.

Sonuç olarak, tüketilen ülkeye ve kaplanacak ürüne bağlı olarak çikolata kaplamasının üretim prosesinin ve formülasyonun optimize edilmesi tüketici beğenisi ve maliyet açısından gereklidir. Ülkemizde çikolata kaplaması üretiminde kullanılan yağların büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Bu nedenle, ülkemizde üretilen bitkisel yağların ürün kalitesinde dezavantaj oluşturmadan çikolata kaplama formülasyonunda kullanılabilmesi dışa bağımlılığın azaltılması bakımından önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Abbasi S, Farzanmehr H (2009). Optimization of the Formulation of Prebiotic Milk Chocolate Based on Rheological Properties. *Food Technology and Biotechnology*, 47(4): 396-403.
- Abu-Hadeed AM, Kotb AR (1988). A Method for the quantitative determination of individual oils in a blend. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65: 1922-1926.
- Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science and Technology*, 18: 290-298.
- Afoakwa EO (2010). *Chocolate Science and Technology*. John Wiley & Sons Ltd., 311 s, United Kingdom.
- Afoakwa EO, 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 EO, Paterson A, Fowler M (2008b). Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European Food Research and Technology*, 226: 1259-1268.
- Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Ryan A (2008c). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48: 840-857.
- Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Vieira J (2008d). Characterization of melting properties in dark chocolates from varying particle size distribution and composition using differential scanning calorimetry. *Food Research International*, 41: 751-757.
- Afoakwa E, Paterson A, Fowler M, Vieira J (2008e). Relationship between rheological, textural and melting properties of dark chocolate as influenced by particle size distribution and composition. *Food Research and Technology*, 227: 1215-1223.
- Afoakwa E, Paterson A, Fowler M, Vieira J (2009). Microstructure and mechanical properties related to particle size distribution and composition in dark chocolate. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 111-119.
- Aguilera JM, Stanley DW (1999). Examining food microstructure. In: Springer (Ed.), *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*, second ed. Aspen Publishers Inc., 1-43 s, Gaithersburg, MD.
- Aguilera JM, Stanley DW, Baker K (2000). New dimensions in microstructure of food products. *Trends Food Science and Technology*, 11: 3-9.
- Aguilera JM, Michel M, Mayor G (2004). Fat migration in chocolate: Diffusion or capillary flow in a particulate solid? – A hypothesis paper. *Journal of Food Science*, 69(7): R167–R174.
- Aidoo RP, Afoakwa EO, Dewettinck K (2015). Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using

- inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 62: 592-597.
- Aidoo RP, Depypere F, Afoakwa EO, Dewettinck K (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates e applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science and Technology*, 32: 84-96.
- Albak F, Tekin AR (2015). Variation of total aroma and polyphenol content of dark chocolate during three phase conching. *Journal of Food Science and Technology*, doi: 10.1007/s13197-015-2036-4.
- Alberts HC, Cidell JL (2006). Chocolate consumption, manufacturing and quality in Western Europe and the United States. *Geography*, 91: 218-226.
- Amarowicz R, Carle R, Dongowski G, Durazzo A, Galensa R, Kammerer D, Maiani G, Piskula MK (2009). Influence of postharvest processing and storage on the content of phenolic acids and flavonoids in foods. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(S2): S151-S183.
- Anonim (2003). Türk Gıda Kodeksi Çikolata ve Çikolata Ürünleri Tebliği (Tebliğ No:2003/23).
- Anonim (2008). Column selection for the analysis of fatty acid methyl esters. Agilent application catalogue, 5989-3760. EN, www.agilent.com.
- Anonim (2015). Şekerli ve çikolatalı mamuller sektör raporları. http://www.iso.org.tr/Sites/1/upload/files/sekerli_ve_cikolatali_mamuller-476.pdf (erişim tarihi, 10.05.2016).
- Anonymous. (1998). Adjusting flow properties of the chocolate mass by means of emulsifiers. Technical memorandum, Palsgaard Industry A/S, Juelsminde.
- Arııcı M, Tatlısu NBE, Toker ÖS, Yılmaz MT, Cankurt H, Durak MZ, Sağdıç O (2014). Microbiological, steady, and dynamic rheological characterization of boza samples: temperature sweep tests and applicability of the Cox-Merz rule. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 377-387.
- Arslan E, Yener ME, Esin A (2005). Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends. *Journal of Food Engineering*, 69: 167-172.
- Awua PK (2002). *Cocoa Processing and Chocolate Manufacture in Ghana*, Essex, UK: David Jamieson and Associates Press Inc..
- Baba S, Natsume M, Yasuda A, Nakamura Y, Tamura T, Osakabe N (2007). Plasma LDL and HDL cholesterol and oxidized LDL concentrations are altered in normo and hypercholesterolemic humans after intake of different levels of cocoa powder. *Journal of Nutrition*, 137: 1436-1441.
- Barbosa-Cánovas GV, Kokini JL, Ma L, Ibarz A (1996). The rheology of semiliquid foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, 39: 1-69.

- Beckett ST (1999). *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edn. Oxford: Blackwell Publishers Inc.
- Beckett ST (2003). Is the taste of British milk chocolate different? *International Journal of Dairy Technology*, 56(3): 139-142.
- Beckett ST, Francesconi MG, Geary PM, Mackenzie G, Maulny APE (2006). DSC study of sucrose melting. *Carbohydrate Research*, 341(15): 2591-2599.
- Beckett ST (2008). *The Science of Chocolate*. Royal Society of Chemistry, 252 s, Cambridge, UK.
- Beckett ST (2009). *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Wiley-Blackwell Publication, 732 s, United Kingdom.
- Bell A, Gordon MH, Jirasubkunakorn W, Smith KW (2007). Effects of composition on fat rheology and crystallisation. *Food Chemistry*, 101: 799-805.
- Belščak-Cvitanović A, Komes D, Dujmović M, Karlović S, Biškić M, Brnčić M, Ježek D (2015). Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. *Food Chemistry*, 167: 61-70.
- 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.
- Bordin Schumacher AB, Brandelli A, Schumacher EW, Macedo FC, Pieta L, Klug TV, de Jong EV (2009). Development and evaluation of a laboratory scale conch for chocolate production. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 606-622.
- Brinkmann B (1992). Kakaobutteraustauschfette. *Zucker and Stisswarenwirtschaft*, 8: 268-270.
- Buijsse B, Weikert C, Drogan D, Bergmann M, Boeing H (2010). Chocolate consumption in relation to blood pressure and risk of cardiovascular disease in German adults. *European Heart Journal*, 31(13): 1616-1623.
- Campos R, Narine SS, Marangoni AG (2002). Effect of cooling rate on the structure and mechanical properties of milk fat and lard. *Food Research International*, 35: 971-981.
- Canadean (2014). The future of the confectionery market in Turkey to 2018. <http://www.sbwire.com/press-releases/the-future-of-the-confectionery-market-in-turkey-to-2018-new-study-released-506572.htm> (erişim tarihi, 23.06.2015).
- Cam M, Aaby K (2010). Optimization of extraction of apple pomace phenolics with water by response surface methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (16): 9103-9111.
- Chevalley J (1991). An adaptation of the Casson equation for the rheology of chocolate. *Journal of Texture Studies*, 22: 219-229.

- Chevalley J (1999). Chocolate flow properties. In S. T. Beckett (Ed.), *Industrial chocolate manufacture and use* (pp. 182–200). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Chin SF, Liu W, Storkson JM, Ha YL, Pariza MW (1992). Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5: 185-197.
- Cidell JL, Alberts HC (2006). Constructing quality: The multinational histories of chocolate. *Geoforum*, 37: 999-1007.
- Clapperton J, Yow S, Chan J, Lim D, Lockwood L, Romanczyk L, Hammerstone J (1994). The contribution of genotype to cocoa (*Theobroma cacao* L.) flavour. *Tropical Agriculture*, 71: 303-308.
- Counet C, Callemien D, Ouwerx C, Collin S (2002). Use of gas chromatography–olfactometry to identify key odorant compounds in dark chocolate. Comparison of samples before and after conching. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8): 2385-2391.
- De Graef V, Depyree F, Minnaert M, Dewettinck K (2011). Chocolate yield stress as measured by oscillatory rheology. *Food Research International*, 44: 2660-2665.
- de Jong S, de Jong Th JR (1991). Computer assisted fat blend recognition using regression analysis and mathematical programming. *Fat Science and Technology*, 93: 532-536.
- DeMan JM (1999). *Principles of food chemistry*, (3rd ed.). Springer, 497 s, New York, USA
- 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, Part C(0): 367-372.
- Dias J, Alvarenga N, Sousa I (2015). Effect of hydrocolloids on low-fat chocolate fillings. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 7209-7217.
- Dillinger TL, Barriga P, Escarcega S, Jimenez M, Salazar Lowe D, Grivetti LE (2000). Food of the gods: cure for humanity? A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. *Journal of Nutrition*, 50: 51-60.
- Dimick PS, Hoskin JC (1999). The chemistry of flavour development in chocolate. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edn. Beckett, S. T. (Ed.). Oxford: Blackwell Science.
- Donadini G, Fumi MD (2014). An investigation on the appropriateness of chocolate to match tea and coffee. *Food Research International*, 63: 464-476.
- Do T-AL, Hargreaves JM, Wolf B, Hort J, Mitchell JR (2007). Impact of particle size distribution on rheological and textural properties of chocolate models with reduced fat content. *Journal of Food Science*, 72(9): E541-E552.
- Efraim P, Marson GC, Jardim DCP, Garcia AO, Yotsuynagi K (2011). Influence of phytosterols addition in the rheology and sensory attributes of dark chocolate. *Procedia Food Science*, 1: 1633-1637.

- El-kalyoubi M, Khallaf MF, Abdelrashid A, Mostafa EM (2011). Quality characteristics of chocolate-containing some fat replacer. *Annals of Agricultural Science*, 56: 89-96.
- Engelen L, Van-Der BA (2008). Oral physiology and texture perception of semisolids. *Journal of Texture Studies*, 39(1): 83-113.
- Farzanmehr H, Abbasi S (2009). Effects of inulin and bulking agents on some physico-chemical, textural and sensory properties of milk chocolate. *Journal of Texture Studies*, 40: 536-553.
- Fauzi SHM, Rashid NA, Omar Z (2013). Effects of chemical interesterification on the physicochemical, microstructural and thermal properties of palm stearin, palm kernel oil and soybean oil blends. *Food Chemistry*, 137(1-4): 8-17.
- Fernandez VA, Müller AJ, Sandoval AJ (2013). Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *Journal of Food Engineering*, 116(1): 97-108.
- Flammer AJ, Hermann F, Sudano I, Spieker L, Hermann M, Cooper KA (2007). Dark chocolate improves coronary vasomotion and reduces platelet reactivity. *Circulation*, 116: 2376-2382.
- Frazier A, Hartel RW (2012). Bloom on chocolate chips baked in cookies. *Food Research International*, 48: 380-386.
- Full NA, Reddy SY, Dimick PS, Ziegler GR (1996). Physical and sensory properties of milk chocolate formulated with anhydrous milk fat fractions. *Journal of Food Science*, 61: 1068-1073.
- German JB, Dillard CJ (1998). Fractionated milkfat. *Food Technology*, 52: 33-37.
- Glicerina V, Balestra F, Dalla Rosa M, Rommani S (2013). Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, 119: 173-179.
- Glicerina V, Balestra F, Dalla Rosa M, Romani S (2015a). Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. *Journal of Food Engineering*, 145: 45-50.
- Glicerina V, Balestra F, Dalla Rosa M, Romani S (2015b). Microstructural and rheological properties of white chocolate during processing. *Food and Bioprocess Technology*, 8: 770-776.
- Glicerina V, Balestra F, Rosa MD, Romani S (2016). Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 169: 165-171.
- Goksel M, Dogan M, Toker OS, Ozgen S, Sarioglu K, Oral RA (2013). The effect of starch concentration and temperature on grape molasses: Rheological and textural properties. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 259-271.

- Golob T, Micovic E, Bertonec J, Jamnik M (2004). Sensory acceptability of chocolate with inulin. *Acta Agriculturae Slovenica*, 83: 221-231.
- Gonçalves EV, da Silva Lannes SC (2010). Chocolate Rheology. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30: 845-851.
- Grassi D, Desideri G, Necozione S, Lippi C, Casale R, Properzi G, Ferri C (2008). Blood pressure is reduced and insulin sensitivity increased in glucose-intolerant, hypertensive subjects after 15 days of consuming high-polyphenol dark chocolate. *Journal of Nutrition*, 138(9): 1671-1676.
- Gray J (2001). *Cocoa & Chocolate – The Case for Health Benefits*, 1st ed. Mars Incorporated, 8, USA.
- Guillén MD, Cabo N (2000). Some of the most significant changes in the Fourier transform infrared spectra of edible oils under oxidative conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14): 2028-2036.
- Hartel RW (2001). *Crystallization in Food*. Springer US, 326 S, USA.
- Harwood ML (2013). A novel Method to Assess Consumer Acceptance of Bitterness in Chocolate Products. Msci. Thesis, Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA.
- Hassan M, Philippe JB, Alain P, Gerard G (1995). Production of cocoa butter equivalents from prickly-pear juice fermentation by an unsaturated fatty acid auxotroph of *Cryptococcus curvatus* grown in batch culture. *Process Biochemistry*, 30 (7): 629-634.
- Hassan BH, Hobani AI (1998). Flow properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *Journal of Food Engineering*, 35: 459-470.
- 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.
- Heiss C, Kleinbongard P, Dejam A, Perré S, Schroeter H, Sies H, Kelm M (2005). Acute consumption of flavanol-rich cocoa and the reversal of endothelial dysfunction in smokers. *Journal of the American College of Cardiology*, 46(7): 1276-1283.
- Himawan C, Starov VM, Stapley AGF (2006). Thermodynamic and kinetic aspects of fat crystallization. *Advances in Colloid and Interface Science*, 122: 3-33.
- Hoskin J, Dimick P (1983) Role of nonenzymatic browning during the process of chocolate- a review. *Process Biochemistry*, 11: 92-104.
- Höfs M, Taschke H (2002). Emulgatoren: Hilfsmittel mit vielfältigen Wirkmechanismen. *Zucker- und Süßwarenwirtschaft*, 55: 6-8.
- Hue C, Gunata Z, Bergounhou A, Assemat S, Boulanger R, Sauvage FX, Davrieux F (2014). Near infrared spectroscopy as a new tool to determine cocoa fermentation levels through ammonia nitrogen quantification. *Food Chemistry*, 148: 240-245.

- Hutchings, J. B. (1994). *Food Colour and Appearance*. Springer, 513 s, Glasgow, UK.
- Izidoro DR, Scheer AP, Sierakowski M-R, Haminiuk CWI (2008). Influence of green banana pulp on the rheological behaviour and chemical characteristics of emulsions (mayonnaises). *LWT - Food Science and Technology*, 41(6): 1018-1028.
- Jackson K (1994). Recipes. In: *Industrial Chocolate Manufacture and Use* (ed. S.T. Beckett), s 258–280. Chapman & Hall, London.
- Jahurul MHA, Zaidul ISM, Norulaini NAN, Sahena F, Kamaruzzaman BY, Ghafoor K, Omar AKM (2014). Cocoa butter replacers from blends of mango seed fat extracted by supercritical carbon dioxide and palm stearin. *Food Research International*, 65: 401-406.
- Jahurul MHA, Zaidul ISM, Norulaini NAN, Sahena F, Jinap S, Azmir J, Sharif KM (2013). Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. *Journal of Food Engineering*, 117: 467-476.
- Jalil AM, Ismail A (2008). Polyphenols in cocoa and cocoa products: is there a link between antioxidant properties and health? *Molecules*, 13: 2190-2219.
- Jewell G (1972). Some observations on bloom on chocolate. *International Chocolate Review*, 27: 161-162.
- Jinap S, Dimick PS, Hollender R (1995). Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries. *Food Control*, 6: 105-110.
- Jinap S, Jamilah B, Nazamid S (2005). Changes in polyphenol ability to produce astringency during roasting of cocoa liquor. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 917-924.
- Kadivar S, De Clercq N, Mokbul M, Dewettinck K (2016). Influence of enzymatically produced sunflower oil based cocoa butter equivalents on the phase behavior of cocoa butter and quality of dark chocolate. *LWT-Food Science and Technology*, 66: 48-55.
- Kadow D, Niemenak N, Rohn S, Lieberei R (2015). Fermentation-like incubation of cocoa seeds (*Theobroma cacao* L.)-Reconstruction and guidance of the fermentation process. *LWT-Food Science and Technology*, 62: 357-361.
- Karasu S, Toker OS, Yilmaz MT, Karaman S, Dertli E (2015). Thermal loop test to determine structural changes and thermal stability of creamed honey: Rheological characterization. *Journal of Food Engineering*, 150: 90-98.
- Keijbets EL, Chen J, Vieira J (2010). Chocolate demoulding and effects of processing conditions. *Journal of Food Engineering*, 98: 133-140.
- Kealey KS, Snyder RM, Romanczyk LJ, Geyer HM, Myers ME, Withcare EJ, Hammerstone JF, Schmitz HH (2001). *Cocoa Components, Edible Products Having Enhanced Polyphenol Content, Methods of Making Same and Medical Uses*. Patent Cooperation Treaty (PCT) WO 98/09533, USA: Mars Incorporated.

- Kim H, Keeney PG (1984). (-)-Epicatechin content in fermented and unfermented cocoa beans. *Journal of Food Science*, 49(4): 1090-1092.
- Konar N (2013). Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. *European Food Research and Technology*, 236: 135-143.
- Lahtinen SJ, Ouwehand AC, Salminen SJ, Forssell P, Myllärinen P (2007). Effect of starch- and lipid-based encapsulation on the culturability of two *Bifidobacterium longum* strains. *Letters in Applied Microbiology*, 44: 500-505.
- Laličić-Petronijević J, Popov-Raljić J, Obradovic D, Radulović Z, Paunović D, Petrušić M, Lato P (2015). Viability of probiotic strains *Lactobacillus acidophilus* NFCM[®] and *Bifidobacterium lactis* HN019 and their impact on sensory and rheological properties of milk and dark chocolates during storage for 180 days. *Journal of Functional Foods*, 15: 541-550.
- Lerma-García MJ, Ramis-Ramos G, Herrero-Martínez JM, Simó-Alfonso EF (2010). Authentication of extra virgin olive oils by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 118: 78-83.
- Liendo R, Padilla FC, Quintana A (1998). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food Research International*, 30: 727-731.
- Lipp M, Anklam E (1998). Review of cocoa butter and alternative fats for use in Chocolate. Part A. Compositional data. *Food Chemistry*, 62: 73-97.
- Loisel C, Lecq G, Keller G, Ollivon M (1998). Dynamic crystallization of dark chocolate as affected by temperature and lipid additives. *Journal of Food Science*, 63: 73-79.
- Lonchamp P, Hartel RW (2004). Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2004: 241-274.
- Macosko CW (1994). *Rheology Principles, Measurements, and Applications*. Wiley-VCH, 550 s, New York.
- Maheshwari B, Yella Reddy S (2005). Application of Kokum (*Garcinia indica*) fat as cocoa butter improver in chocolate. *Journal of Agricultural and Food Science*, 85: 135-140.
- Maniere FY, Dimick PS (1979). Effects of conching on the flavour and volatile components of dark semi-sweet chocolate. *Lebensmittel-Wissenschaft u.-Technologie*, 12: 102-107.
- Minifie BW (1980). Use of lecithin in chocolate and confectionary as an emulsifier and in powdered drinks as a wetting agent. *The Manufacturing Confectioner*, 60: 47-50.
- Minifie BW (1989). *Chocolate, cocoa and confectionery Science and technology*. Aspen Publisher, 892 s, Gaithersburg, Maryland.
- Moreton RS (1988). Single cell oil. In: Moreton, R.S. (Ed.), *Physiology of Lipid Accumulating Yeast*. Longman Scientific and Technical, London, pp. 1-32.

- Mossel B, Bhandari B, D'Arcy B, Caffin N (2000). Use of an Arrhenius Model to Predict Rheological Behaviour in some Australian Honeys. *LWT - Food Science and Technology*, 33(8): 545-552.
- Murphy KJ, Chronopoulos AK, Singh I, Francis MA, Francis MA, Moriarty H (2003). Dietary flavanols and procyanidin oligomers from cocoa (*Theobroma cacao*) inhibit platelet function. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77: 1466-1473.
- Narine SS, Marangoni AG (1999a). Microscopic and rheological studies of fat crystal networks. *Journal of Crystal Growth*, 198(199): 1315-1319.
- Narine SS, Marangoni AG (1999b). The difference between cocoa butter and Salatin. *Journal of the American Oil Chemical Society*, 76(1): 7-13.
- Navarra G, Cannas M, D'Amico M, Giacomazza D, Militello V, Vaccaro L, Leone M (2011). Thermal oxidative process in extra-virgin olive oils studied by FTIR, rheology and time-resolved luminescence. *Food Chemistry*, 126(3): 1226-1231.
- Niediek EA (1994). Particle Size Reduction. In: *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. (Ed. S.T. Beckett) Chapman and Hall, London, pp. 83-101.
- Nikolova-Damyanova BM, Amidzhin BS (1992). Comparative analysis of cocoa butter and cocoa butter replacers. *Bulgarian Chemical Communications*, 25: 361-365.
- Nightingale LM, Cadwallader KR, Engeseth NJ (2012). Changes in dark chocolate volatiles during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 4500-4507.
- Opfer WB (1975). Margarine products – a review of modern manufacturing processes. *Chemistry and Industry*, 18: 681-687.
- Osman H, Nazaruddin R, Lee SL (2004). Extracts of cocoa (*Theobroma cacao* L.) leaves and their antioxidation potential. *Food Chemistry*, 86: 41-45.
- Owusu M (2010). Influence of raw material and processing on aroma in chocolate. Ph.D thesis, Faculty of Life Science, University of Copenhagen, Copenhagen.
- Owusu M, Petersen MA, Heimdahl H (2012). Effect of fermentation method, roasting and conching conditions on the aroma volatiles of dark chocolate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36: 446-456.
- Owusu M, Petersen MA, Heimdahl H (2013). Relationship of sensory and instrumental aroma measurements of dark chocolate as influenced by fermentation method, roasting and conching conditions. *Journal of Food Science & Technology*, 50: 909-917.
- Padley FB (1997). Chocolate and confectionery fats, in *Lipid Technologies and Applications* (eds. F.D. Gunstone and F.B. Padley), 495 s, Marcel Dekker, New York.
- Payne MJ, Hurst WJ, Miller KB, Rank C, Stuart DA (2010). Impact of fermentation, drying, roasting, and dutch processing on epicatechin and catechin content of cacao beans and cocoa ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(19): 10518-10527.

- Petkovic M (2012). The effect of producing parameters on physical properties, thermal characteristics and quality of spreads with maltitol. PhD Thesis Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia, pp. 4-33.
- Pearson DA, Paglieroni TG, Rein D, Wun T, Schramm DD, Wang JF, Keen CL (2002). The effects of flavanol-rich cocoa and aspirin on ex vivo platelet function. *Thrombosis Research*, 106(4–5): 191-197.
- Periche A, Heredia A, Escriche I, Andrés A, Castelló ML (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1, Part 2): 605-612.
- Podlaha O, Töregard B, Püschl B (1984). TG-type composition of 28 cocoa butters and correlation between some of the TG-type components. *LWT-Food Science and Technology*, 17: 77-82.
- Possemiers S, Marzorati M, Verstraete W, Van de Wiele T (2010). Bacteria and chocolate: A successful combination for probiotic delivery. *International Journal of Food Microbiology*, 141: 97-103.
- Rajah, KK (2014). *Fats in food technology*. John Wiley & Sons Ltd, 386 s, UK.
- Rao, MA (1999). *Rheology of fluid and semisolid foods principles and applications*. An Aspen Publication, 481 s, Gaithersburg, Maryland.
- Rao MA, Tattiyakul J (1999). Granule size and rheological behavior of heated tapioca starch dispersions. *Carbohydrate Polymers*, 38: 123-132.
- Rashid NA, Let CC, Seng CC, Omar Z (2012). Crystallization kinetics of palm stearin, palm kernel oil and their blends. *LWT-Food Science and Technology*, 46: 571-573.
- Rector D (2000). Chocolate-controlling the flow. Benefits of polyglycerol polyricinoleic acid. *The Manufacturing Confectioner*, 80(5): 63-70.
- Reineccius GA, Andersen DA, Kavanagh TE, Keeney PG (1972). Identification and quantification of the free sugars in cocoa beans. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 20: 199–202.
- Reineccius G (2006). *Flavour Chemistry and Technology*. CRC Press, 520 s, Boca Raton, USA.
- Rezende NV, Benassi MT, Vissotto FZ, Augusto PPC, Grossmann MVE (2015). Mixture design applied for the partial replacement of fat with fibre in sucrose-free chocolates. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1, Part 2): 598-604.
- Ribeiro APB, Basso RC, Kieckbusch TG (2013). Effect of the addition of hardfats on the physical properties of cocoa butter. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115: 301-312.
- Robinson T, Ranalli AW, Phillips AW (1961). Cocoa polyphenols, changes in cocoa tannins during processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 9: 295-298.

- Rohan TA (1963). Processing of raw cocoa for the market. FAO Agricultural Studies Report, Number 60. Rome, Italy: FAO Press.
- Rohsius C, Matissek R, Lieberei R (2006). Free amino acid amounts in raw cocoas from different origins. *European Food Research and Technology*, 222: 432-438.
- Sagdic O, Toker OS, Polat B, Arici M, Yilmaz MT (2015). Bioactive and rheological properties of rose hip marmalade. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 6465-6474.
- Saka EK (2011). The Design of Packaging Graphics for the expansion of Ghanaian Chocolate products. Graduate Theses and Dissertations. Iowa State University, US.
- Schantz B, Rohm H (2005). Influence of lecithin-PGPR blends on the rheological properties of chocolate. *LWT Food Science and Technology*, 38: 41-45.
- Schlichter-Aronhime J, Garti, N (1988). Solidification and polymorphism in cocoa butter and the blooming problems. In N. Garti, & K. Sato (Eds.), *Crystallization and polymorphism of fats and fatty acids* (Vol. 31, pp. 363-393).
- Schnermann P, Schieberle P (1997). Evaluation of key odorants in milk chocolate and cocoa mass by aroma extract dilution analyses. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45: 867-872.
- Schwan RF, Wheals AE (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44: 205-221.
- Schroeter H, Heiss C, Balzer J, Kleinbongard P, Keen CL, Hollenberg NK (2006). (-)-Epicatechin mediates beneficial effects of flavanol-rich cocoa on vascular function in humans. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 1024-1029.
- Seguine E (1991). Tempering-The inside story. *Manufacturing Confectioner*, 71: 118-125.
- Servais C, Jones R, Roberts I (2002). The influence of particle size distribution on the processing of food. *Journal of Food Engineering*, 51: 201-208.
- Servais C, Ranch H, Roberts I (2004). Determination of chocolate viscosity. *Journal of Texture Studies*, 34: 467-497.
- Shahidi F (2004). Ed. Hoboken, NJ. *Bailey's Industrial Oil & Fat Products*, John Wiley & Sons, 520 s, UK.
- Shekarchizadeh H, Kadivar M, Ghaziaskar HS, Rezayat M (2009). Optimization of enzymatic synthesis of cocoa butter analog from camel hump fat in supercritical carbon dioxide by response surface method (RSM). *The Journal of Supercritical Fluids*, 49: 209-215.
- Sim SF, Ting W (2012). An automated approach for analysis of Fourier Transform Infrared (FTIR) spectra of edible oils. *Talanta*, 88: 537-543.
- Singleton VL, Rossi JA (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.

- Slager H, Favre L, Talbot G (2007). The ultimate confectionery coating. *Food Marketing and Technology*, December, 12-14.
- Smit HJ, Gaffan EA, Rogers PJ (2004). Methylxanthines are the psycho-pharmacologically active constituents of chocolate. *Psychopharmacology*, 176: 412-419.
- Sokmen A, Gunes G (2006). Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*, 39(10): 1053-1058.
- Sonwai S, Rousseau D (2008). Fat crystal growth and microstructural evolution in industrial milk chocolate. *Crystal Growth and Design*, 8(9): 3165-3174.
- Sonwai S, Rousseau D (2010). Controlling fat bloom formation in chocolate-Impact of milk fat on microstructure and fat phase crystallisation. *Food Chemistry*, 119: 286-297.
- Soon W (1988). *The Chocolatey Fat from the Borneo Illipe Trees*, Atlanto Sdn. Bhd., Petaling Jaya, Malaysia.
- Stortz TA, Marangoni AG (2013). Ethylcellulose solvent substitution method of preparing heat resistant chocolate. *Food Research International*, 51: 797-803.
- Stortz TA, Marangoni AG (2011). Heat resistant chocolate. *Trends in Food Science and Technology*, 22: 201-214.
- Talbot G (1999). Chocolate temper. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edition. Beckett ST(Ed.), 218-230 s, Oxford: Blackwell Science.
- 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.
- Talhat AM, Lister VY, Moggridge GD, Rasburn JR, Ian Wilson D (2015). Development of a single droplet freezing apparatus for studying crystallisation in cocoa butter droplets. *Journal of Food Engineering*, 156: 67-83.
- Taubert D, Roesen R, Lehmann C, Jung N, Schömig E (2007). Effects of low habitual cocoa intake on blood pressure and bioactive nitric oxide: A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association*, 298: 49-60.
- Taylor AJ (2002). *Food Flavour Technology*. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press, 376 s, UK.
- Timms RE (1980). The phase behaviour of mixtures of cocoa butter and milk fat. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, 13: 61-65.
- Timms RE (2003). Interactions between fats, bloom and rancidity. In RE Timms (Ed.). *Confectionery fats handbook. Properties, production and applications*. Bridgewater: The Oily Press.
- Todorovic V, Redovnikovic IR, Todorovic Z, Jankovic G, Dodevska M, Sobajic S (2015). Polyphenols, methylxanthines, and antioxidant capacity of chocolates produced in Serbia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41: 137-143.

- Toker OS, Dogan M, Eirsöz NB, Yilmaz MT (2013a). Optimization of the content of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formed in some molasses types: HPLC-DAD analysis to determine effect of different storage time and temperature levels. *Industrial Crops and Products*, 50: 137-144.
- Toker OS, Karaman S, Yuksel F, Dogan M, Kayacier A, Yilmaz MT (2013b). Temperature dependency of steady, dynamic, and creep-recovery rheological properties of ice cream mix. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 2974-2985.
- Tomás-Barbéran F, Borges G, Crozier A (2011). Phytochemicals in cocoa and flavan-3-ol bioavailability. In *Teas, Cocoa and Coffee* (s. 193–217). WileyBlackwell.
- Unilever (1956). Improvements in or relating to cocoa-butter substitutes. Patent specification GB 827,172, The Patent Office, London.
- Us F (2007). *Gıda Kimyası*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 587 s, Ankara, Türkiye.
- Vavreck AN (2004). Flow of molten milk chocolate from an efflux viscometer under vibration at various frequencies and displacements. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(4): 465-468.
- Vernier FC (1998). Influence of emulsifiers on the rheology of chocolate and suspensions of cocoa or sugar particles in oil. PhD Thesis, Department of Chemistry, University of Reading, England.
- Walter P, Cornillon P (2001). Influence of thermal conditions and presence of additives on fat bloom in chocolate. *Journal of the American Oil and Chemists Society*, 78: 927-932.
- Whitefield R (2005). *Making chocolates in the factory*. Kennefy's Publications Ltd, London UK.
- Whymper R (1912). *Cocoa and Chocolate. Their Chemistry and Manufacture*, Churchill, London.
- Wollgast J, Anklam E (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33(6): 423-447.
- Wichchukit S, Mccarthy MJ, Mccarthy KL (2004). Flow behaviour of milk chocolate melt and the application to coating flow. *Journal of Food Science*, 70: 165-171.
- Wood GAR, Laas RA (1985). *Cocoa* (4th ed.), Willey-Balckwell, 620 s, London.
- Yalcin H, Toker OS, Dogan M (2012a). Effect of oil type and fatty acid composition on dynamic and steady shear rheology of vegetable oils. *Journal of Oleo Science*, 61: 181-187.
- Yalcin H, Toker OS, Ozturk I, Dogan M, Kisi O (2012). Prediction of fatty acid composition of vegetable oils based on rheological measurements using nonlinear models. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114: 1217-1224.

- Yanniotis S, Skaltsi S, Karaburnioti S (2006). Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72: 372-377.
- Yonejima Y, Hisa K, Kawaguchi M, Ashitani H, Koyama T, Usamikrank Y, Kishida N, Kishino S (2015). Lactic acid bacteria-containing chocolate as a practical probiotic product with increased acid tolerance. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, doi: 10.1016/j.bcab.2015.09.001.
- Zaidul ISM, Norulaini NAN, Omar AKM, Smith Jr RL (2007). Blending of supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) extracted palm kernel oil fractions and palm oil to obtain cocoa butter replacers. *Journal of Food Engineering*, 78: 1397-1409.
- Zhong Q, Daubert CR (2013). Food Rheology. In *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering*, Academic Press, New York.
- Ziegleder VG, Biehl B (1988). Analysis of cocoa flavour components and flavour precursors. In H. J. Likens, & J. F. Jackson (Eds.), *Modern methods of plants analysis* (s. 321-390). Berlin: Springer-Verlag.
- Ziegler GR, Mongia G, Hollender R (2001). The role of particle size distribution of suspended solids in defining the sensory properties of milk chocolate. *International Journal of Food Properties*, 4(2): 353-370.
- Ziegleder G, Amanitis A, Hornik H (2004). Thickening of molten white chocolates during storage. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 37: 771-778.
- Ziegleder G (2006). Premium Chocolate Conching. ZDS Chocolate Technology Conference, Dec, Cologne, Germany.
- Ziegler, G., & Hogg, R. (1999). In: Beckett, S.T. (Ed.), *Particle Size Reduction. Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Chapman & Hall, New York, pp. 182-199.
- Zumbe A. (1992). Milk chocolate and method of making the same. *International Patent Cooperation Treaty*, Number WO 92/19112.

ÖZGEÇMİŞ

Ömer Said TOKER, 24.03.1985 tarihinde Balıkesir’de doğdu. İlk öğrenimini Tokat Gaziosmanpaşa İlköğretim okulunda, orta okul eğitimini Tokat Plevne Ortaokulunda ve lise eğitimini ise Tokat Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2003 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde başlamış olduğu lisans eğitimini 2008 yılında tamamladı. Yüksek lisansını 2012 yılında Erciyes Üniversitesi’nde tamamladı. 2009 yılında evlendi. Akademik hayatına 2009 yılında Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği’nde Araştırma Görevlisi olarak başladı. 2013 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaya başladı. Akademik hayatında geçirmiş olduğu süreçte 57 adet SCI-SCI expanded dergilerde makalesi, 57 adet uluslararası kongre bildirisi, 7 adet ulusal kongre bildirisi ve 1 adet te uluslararası kitap bölümü bulunmaktadır.