



Çikolata Teknolojisinde Temel Problem: Yağ Kusması

Kübra Bursa¹, Ruşen Metin Yıldırım^{2*}, Ömer Said Toker³, Kürşat Yağız⁴

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fak., Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5021-868X), kubraborta0912@yahoo.com.tr

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fak., Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5125-1104), ruseny@yildiz.edu.tr

³Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fak., Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7304-2071), stoker@yildiz.edu.tr

⁴Beyda Gıda Ürünleri ve San. Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0824-5371), kursatyagiz@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi 17 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 07 Ocak 2023)

(DOI: 10.31590/ejosat.1034674)

ATIF/REFERENCE: Bursa, K., Yıldırım, R.M., Toker, O.S & Yağız, K. (2023). Çikolata Teknolojisinde Temel Problem: Yağ Kusması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (50), 1-7.

Öz

Çikolata ürün çeşidine ve kullanım amacına bağlı olarak kakao kitlesi, kakao yağı, şeker, süt bazlı bileşenler (PST, süt tozu, süt yağı), çeşni maddeleri ve emülgatörlerin (PGPR, lesitin) ilavesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanıp, kalıplanarak elde edilen bir gıda ürünüdür. Çikolata üretimi, ön karıştırma ve karıştırma, inceltme, konçlama, temperleme, kalıplama ve soğutma olmak üzere beş ana proses aşamasından meydana gelmektedir. Ürün formülasyonu kadar üretim aşamasındaki her bir proses basamağı da ürünün başta duysal ve tekstürel özellikleri olmak üzere tüketici kabul düzeyini etkileyen kalite parametreleri üzerinde etkilidir. Çikolatanın üretimi sırasında ya da üretiminde veya depolama süreçleri sırasında yapılabilecek yanlış uygulamalar, çikolatanın hem duysal hem de tekstürel özellikleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir. Buna bağlı olarak kalite problemleri oluşabilir. Çikolata üretim teknolojisinde en sık karşımıza çıkan kalite problemlerinin başında yağ kusması (Fat Bloom) gelmektedir. Yağ kusması, çikolatanın yapısında bulunan kakao yağı kristallerinin sıcaklık değişimine bağlı olarak ürün içerisinde eriyip, yağın çikolata yüzeyine doğru göç etmesi, yetersiz temperleme, uygun olmayan formülasyon, soğutma tüneli sıcaklığındaki uygunsuzluk ve depolama sürecindeki sıcaklık dalgalanmaları sonucu, çikolata yüzeyinde meydana gelen yağ kümeleşmesidir. Ürünün besinsel içeriğinde herhangi bir değişime sebep olmayan bu görüntü, ürünün duysal ve diğer kalite özelliklerini etkileyerek tüketicinin satın alma kararını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum da çikolata endüstrisinde ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Raf ömrü süresince çikolatanın kalite özellikleri açısından stabilitesini muhafaza edebilmesi çikolata endüstrisi açısından çok önemlidir. Bu çalışmada çikolata üretimi sırasında ve üretim sonrasında yağ kusmasına neden olan etmenler ve bunlarla ilgili önleyici yöntemler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çikolata, Yağ Kusması, Çiçeklenme, Kakao Yağı, Kristalizasyon.

Main Problem in Chocolate Production Technology: Fat Bloom

Abstract

Chocolate is a food product which is molded and prepared according to the technique by adding cocoa mass or powder, cocoa butter, sugar, milk powder and additives. Chocolate production consists of mainly seven process steps; pre-mixing, refining, conching, tempering, molding, cooling and packaging. As well as product formulation, each process step determines the sensory and textural properties of the product. At the same time, these process steps play an important role in the product quality. Incorrect application during or after the production of chocolate can result in negative effects on the sensory and textural properties of the chocolate. Fat bloom is one of the most frequently encountered quality problems in chocolate production. Fat bloom is the resulted from many factors such as accumulation of fat that occurs on the chocolate surface as a result of the melting of the cocoa butter crystals in the structure of the chocolate due to the temperature change and migration of the fat towards the chocolate surface, insufficient tempering, improper formulation, inconvenience in the cooling tunnel temperature a melting of the cocoa butter crystals in the chocolate structure due to the temperature fluctuations. Fat clustering occurs on the chocolate surface as a result of migrating the cocoa butter to the surface and causes a grayish appearance. This appearance affects the visual, sensory and textural properties of the product and determines the consumer's purchasing decision. The factors causing fat bloom during and after chocolate production and related preventive methods are reviewed in this article.

Keywords: Chocolate, Fat bloom, Cocoa Butter, Crystallization

* Sorumlu Yazar: ruseny@yildiz.edu.tr

1. Giriş

Çikolata ve çikolata ürünleri, tüm dünyada sevilerek ve haz amaçlı tüketilen bir gıda ürünüdür. Çikolatanın genel formülasyonu temelde kakao yağının oluşturduğu katı ve/veya sıvı fazda bulunan yağ içerisinde dağılmış şeker, süt bazlı ürünler (süt tozu, süt yağı, peynir altı suyu tozu), emülgatörler (lesitin, PGPR) ve kakao tozu ve kakao kitelinde bulunan yağ harici katı bileşenlerden oluşmaktadır. (Afoakwa vd., 2008; El-Kalyoubi vd., 2011). Çikolata formülasyonunda bulunan bu bileşenlerin miktarı ve çeşitleri, uygulanan prosese ve nihai ürüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Çikolata üretim prosesinde kullanılan yağın kristalizasyon özellikleri son ürünün akış davranışını, tekstürel niteliklerini, raf ömrünü ve duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Nightingale vd., 2012; Full vd., 1996).

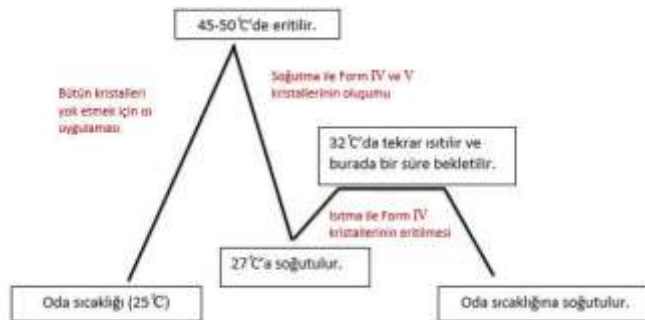
2. Çikolata Üretim Prosesi

Çikolata üretimi sırasıyla; ön karıştırma-karıştırma, inceltme, konçlama, temperleme, kalıplama ve soğutma proses basamaklarından oluşmaktadır. Her bir üretim basamağı, çikolatanın son ürün kalitesi, duyuşal ve tekstürel özellikleri açısından önemli bir yere sahiptir.

Çikolata formülasyonunda yer alan kakao, şeker ve süt bazlı bileşenler kesikli veya sürekli sistemlerde 40-50°C'de yaklaşık 15 dakika boyunca karıştırma işlemi uygulanmaktadır (Afoakwa, 2010; Beckett, 2009; Awua, 2002; Minifie, 1989). Ön karıştırma ile elde edilen kitleye uygulanan inceltme prosesinin amacı ortalama partikül büyüklüğünün 30 mikrometre ve altında olabilmesini sağlamaktır. Partiküllerin hedef partikül boyutuna inceltmesi ile çikolata içerisinde kumsu hissedilebilecek yapılar tamamen giderilmiş olur. Çikolata girdilerini inceltmek için endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak iki farklı metot uygulanmaktadır. Bu metotlardan ilkinde silindirik öğütücüler kullanılmaktadır. Bilyalı değirmen gibi sistemlerde ise emülgatörler haricindeki tüm bileşenler inceltme öncesi kakao kitlesi ve bir kısım yağ ile karıştırıldıktan sonra inceltme prosesi uygulanmaktadır. Bu iki metotla yapılan ürünler farklı duyuşal özelliklerde ürün üretimlerine neden olmaktadır. Her iki prosesin de kendine özgü avantajları/dezavantajları bulunmaktadır (Afoakwa, 2010).

İnceltme prosesini takiben uygulanan ve çikolata ürünlerinde aroma gelişimi ve son ürün kalite parametreleri için çok önemli bir proses olan konçlamada, aynı makinada iki ayrı proses meydana gelmektedir. Birincisi aroma gelişimi ile ilgilidir; çikolataya özgü tadı veren aroma veya aroma öncül maddelerinin oluşması için kakaoya uygulanan fermantasyon ve kavurma prosesleri sırasında arzu edilmeyen acı/asidik aroma bileşenleri de bulunmaktadır. Konçlama prosesinde bu arzu edilmeyen aroma bileşenleri üründen uzaklaştırılır. Bu aşamada ayrıca üründen bulunan nemin uzaklaşması sağlanmaktadır. İkincisinde ise çikolata toz, pulsu ve kuru bir formdan serbest akışkan bir forma dönüşür. Son ürüne ait serbest akış profili oluşur. Katı partiküllerin yüzeylerinin yağ ile kaplanması da bu proses dahilindedir. Konçlama prosesinde uygulanan sıcaklık, çikolata çeşidine bağlı olarak, genellikle 50°C ile 70°C arasında değişiklik gösterir (Talhat vd., 2015). Üretilmesi hedeflenen ürün kalite özelliklerine göre genel olarak 6-24 saat arasında uzun bir sürede gerçekleşen konçlama prosesinde oluşan polifenolik maddelerin oksidasyonu ve Maillard reaksiyonları da son üründen bulunan uçucu bileşenlerin profil ve miktarına katkı sağlamaktadır.

Konçlamayı takip eden aşama olan temperleme ise, çikolatada sonradan oluşabilecek kalite problemlerinin önlenmesi açısından dikkatle uygulanması gereken bir prosesdir. Çikolata formülasyonunda yer alan ve altı farklı polimorfda kristallenebilen kakao yağının, hedef polimorf olan form V'in oluşumu için nükleasyon ve ön kristalizasyonu gerçekleştirilir. Kakao yağının sahip olduğu altı farklı polimorfik yapıdan en stabil olanı form VI olsa da, bu kristallerin ağızda oluşturduğu kumsu yapı nedenine ilave olarak, form V'in kalıptan kolay çıkabilmesi, parlaklık, renk ve yağ kusmasına karşı direnç gösterebilmesi gibi özellikleri sebebiyle, temperlemede oluşturulması istenen kristal polimorfu form V'dir. Kristalizasyon sırasında yağ kristalleri özel polimorfik yapıya dönüşerek, yeni kristal formu oluşturur ve oluşan kristallerin bir araya gelip kümelenmesiyle üç boyutlu bir ağ yapısı meydana gelir (Narine ve Marangoni, 1999).



Şekil 1. Çikolatanın temperleme prosesi

Figure 1. The tempering process of chocolate

Çikolatada arzu edilen kalite özelliklerinin oluşabilmesi için (erime, tekstür, parlak görünüm, yağ kusmasına direnç) önemli bir proses olan temperleme işleminin yeterli derecede gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolü çok önemlidir. Temper derecesi, tempermetre cihazı ile ölçülmektedir. Temper birimi CTU (Chocolate Temper Unit) olup bu değer 1 ile 3 CTU arasında olduğunda çikolata yeterince temperlenmemiş, 4 ile 7 CTU arasında olduğunda çikolata iyi temperlenmiş, 7 CTU üzerinde olduğunda çikolatanın fazla temperlenmiş olduğu anlaşılır. Yeterli derecede temperlenmemiş çikolatalarda, stabil kristal form (form V) stabil olmayan diğer kristal formlara dönüşebilir (Afoakwa, 2010). Bu durum meydana geldiğinde çikolatada görüntü kusurları, yağ kristallerinin çikolata yüzeyinde düzensiz büyümeleri ve buna bağlı yağ kusması oluşabilir, yumuşak yapı nedeniyle çikolatanın kalıptan çıkmasında problem meydana gelebilir (Hartel, 2001; Afoakwa vd., 2007). İyi temperlenmiş çikolatada yeterli düzeyde oluşan yağ kristalizasyonu sebebiyle kalıpta meydana gelen büzüşme sonucu çikolata kalıptan rahatlıkla çıkarılabilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Temperlenmemiş, yeterli derecede temperlenmiş ve az temperlenmiş çikolata örneklerinin tempermetre kabından çıkarılmasına ait görseller

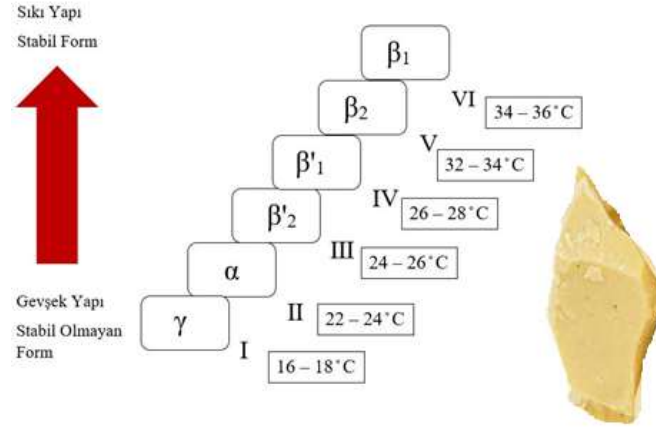
Figure 2. Images of removing untempered, adequately tempered and slightly tempered chocolate samples from the tempermeter container

İyi temperlenmiş çikolata görüntü olarak da arzu edilen renk ve parlaklığa sahiptir (Afoakwa vd., 2007). Temperleme prosesinden yaklaşık 32°C'de çıkan çikolata hamuru, depozitörler aracılığı ile çikolata sıcaklığına ısıtılmış kalıplara boşaltılır. Kalıp ile çikolata kitleisinin sıcaklık farkı $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'yi aşmamalıdır. Eğer belirgin bir sıcaklık farkı olursa çikolatanın temperi bozulacağından dolayı kalıptan çıkarmada problem, parlaklık kaybı, yağ kusması ve kalıba yapışma gibi problemler görülebilir. Çikolatanın içindeki hava kabarcıklarının önlenmesi ve kalıba tamamen oturabilmesi için kalıpla beraber vibrasyona tabi tutulur ve soğutma tünellerine gönderilir. Temperleme ile başlayan stabil yağ kristallerinin oluşumu soğutma ile beraber devam eden bir süreç olduğu için soğutma da son ürün kalitesi ve raf ömrü açısından oldukça önemli bir aşamadır. Kalıplanmış çikolatanın soğutulması 3 aşamadan oluşmaktadır. Soğutmanın başlangıcında kararsız kristallerin oluşmaması için soğutma tüneli giriş sıcaklığı 18-22°C, ikinci aşamada tünel sıcaklığı daha düşük olup 10-12°C, üçüncü aşamada ise ortam sıcaklığı ile çok büyük bir fark olmaması için 14-16°C uygulanır. Bunun yanı sıra yaygın olarak çikolata endüstrisinde tek sıcaklığın uygulandığı soğutma tünelleri de kullanılabilir (Awua, 2002).

Çikolata çevresel faktörlerden kolaylıkla etkilenebilecek bir gıda maddesidir. Paketleme işleminde kaliteli ve uygun paketleme materyali kullanılması gerekmektedir. Çikolatanın ışık, nem ve sıcaklıktan etkilenmesini engelleyecek şekilde karton, iki katmanlı kağıt, polistirenyada düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) kullanılmaktadır (Awua, 2002).

3. Çikolatada Yağ Kusması

Kakao yağı, kakao çekirdeklerinden elde edilen ve çikolatanın ana bileşeni olan bir maddedir (Jin ve Hartel, 2015). Kakao yağının yağ asidi kompozisyonu, yetiştiği bölgeye göre farklılık göstermekle beraber temelde 3 yağ asidinden meydana gelmektedir; oleik asit (C18:1), palmitik asit (C16:0) ve stearik asit (C18:0) (Laustsen, 1991). Kakao yağı polimorfiktir ve 6 farklı kristal polimorf ile kristalize olabilmektedir ve her bir polimorf farklı erime özelliklerine sahiptir (Şekil 3).



Şekil 3. Kakao yağı poliformları ve erime sıcaklıkları

Figure 3. Cocoa butter polyforms and melting temperatures

Kakao yağındaki kristal yapılar ya Yunan harfleri ile γ , α , β_2' , β_1' , β_2 ve β_1 ya da Romen rakamları ile form I, II, III, IV, V ve VI şeklinde gösterilebilir (Jahurul vd., 2012). Kakao yağının çikolata formülasyonunda vazgeçilmez yapan özellikleri arasında yumuşak tekstürü, ağızda erimesi ve dar bir erime sıcaklığı aralığına sahip olması, viskozitede belirleyici olması ve son ürüne güzel bir parlaklık kazandırması gösterilebilir (Liendo vd., 1998). Kakao yağı, uygun kristalizasyon gerçekleşmesi durumunda 32°C'de eridiği için vücut sıcaklığında sıvı formdadır, oda sıcaklığında (25°C ve altı) ise katı formda bulunmaktadır.

Çikolatanın tüketiciler tarafından tercihini olumsuz yönde etkileyen yağ kusması, çikolata yüzeyinde meydana gelen beyazımsı renkte bir fiziksel kusurdur (Şekil 4). Bu durum sadece görüntüyü etkilemekle kalmaz, aynı zamanda çikolatanın tadını ve tekstürel özelliklerini de büyük oranda etkiler.



Şekil 4. Yağ kusması gözlemlenen çikolata örnekleri

Figure 4. Chocolate samples with fat bloom

Yağ kusmasının oluşumunu etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar arasında formülasyondaki yağların uyumsuzluğu, uygun olmayan temperleme, uygun olmayan soğutma metodu, depolama esnasındaki sıcaklık dalgalanmaları, depolama koşulları veya yüzey temasları sebep olmaktadır. Buradan da anlaşıldığı gibi yağ kusması sadece çikolata üretimi sırasındaki hatalardan değil aynı zamanda üretim sonrası depolama ve taşıma gibi durumlardan da ileri gelmektedir. Dolayısıyla yağ kusması üretici, perakendeci ve tüketici kaynaklı olabilecek bir mekanizmaya sahiptir (Tisoncik, 2003).

4. Yağ Kusmasına Neden Olan Etmenler Ve Alınabilecek Önlemler

4.1. Uygun Olmayan Formülasyon

Çevresel faktörler ve üretim hataları dışında, çikolata ürünlerinde yağ kusmasına sebep olan önemli bir faktör formülasyonda kullanılan bileşenlerdir. Özellikle çikolata ve ürünlerinde kakao yağı ile beraber kullanılan kakao yağı ikamelerinin yüzdesi, yağ asidi kompozisyonu ve erime noktaları yağ kusması üzerinde önemli etkiye sahiptir. Uyumsuz yağ fazına (CBS, CBR ve CBE gibi kakao yağı alternatiflerinin uygun olmayan miktarlarda kullanımı) ya da yetersiz katı yağ içeriğine sahip olan çikolata ürünlerinde yağ kusması yaygın olarak görülmektedir (Tisoncik, 2003). Uyumsuz yağ karışımına sahip çikolatalarda, yağlar birbirinden ayrılma eğilimi gösterirler (Lonchamp vd., 2004).

Formülasyon kaynaklı yağ kusmasının önüne geçebilmek için, ürün formülasyonunda kullanılan kakao yağı ve kakao yağı ikamelerinin uyumuna dikkat edilmelidir. Kakao yağı ikameleri kakao yağına benzer erime özelliğine, yağ asidi kompozisyonuna, trigliserid bileşimine ve raf ömrüne sahip olmalıdır. Uyuşmayan yağların beraber kullanımı raf ömrü sırasında yağ kusmasına neden olabilmektedir. Yağ fazında bulunan katı yağ içeriği (Solid fat content, SFC) yağların ürün formülasyonlarında kullanılabilirliğini belirleyen önemli bir parametredir. Katı yağ içeriği arttıkça, yağ kusması azalmaktadır. Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada %45, %55 ve %65 SFC içeriğine sahip çikolata örneklerinde meydana gelen yağ kusması oluşum süreci incelenmiştir. Değişik oranlarda katı yağ

içeriğine sahip çikolata numunelerinde yağ kusmasının gözlemlendiği sürelerin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. %45 SFC içerikli numunede neredeyse 1 gün içinde yağ kusması başlarken, %55 SFC içerikli örnekte 7. günde başladığı ve %65 SFC içerikli numunede ise 14. güne kadar yağ kusmasının görülmediği rapor edilmiştir. Bunun sebebi olarak düşük katı yağ içeriğine sahip çikolatalarda yüksek oranda bulunan sıvı yağın migrasyona sebep olarak daha fazla miktarda çözünmüş katı yağı yüzeye taşıdığı öne sürülmüştür (Jin ve Hartel, 2015).

Kaplamalık çikolata üretiminde kakao yağı ile beraber kullanılan kakao yağı ikameleri, optimum miktarda ürün formülasyonunda kullanılmaz ise yağ kusmasına sebep olmaktadır. Çok düşük miktarlarda kakao yağının CBS'ye ilavesi ötektik etki oluşturur. Yağ fazında %4'ün üzerinde kakao yağı, CBS'a ilave edildiğinde birkaç ay içinde yağ kusması gözlemlenebilirken kakao yağı konsantrasyonu yaklaşık %10 olduğunda yağ kusmasının oluşum süresi bir haftadan daha az bir süreye düşer (Laustsen, 1991).

Çikolata çeşidine bağlı olarak formülasyona süt yağı ilave edilmesinin kakao yağının kristalizasyon hızını ve polimorfaların form V'den form VI'ya dönüşümünü geciktirerek yağ kusmasını engellediği/yavaşlattığı belirtilmiştir (Timms, 2003; Lohman ve Hartel, 1994). Süt yağında bulunan orta zincirli doymuş yağ asitlerinin kakao yağı ile etkileşiminde çikolata yüzeyine yağ göçü engellenerek yağ kusması göstergesi olan çikolata yüzeyindeki beyazlık indeksinin değişim hızını da düşürdüğü tespit edilmiştir (Timms, 2003).

Ayrıca yağ kusması çikolatanın kaplama olarak kullanıldığı bar ve nugat gibi ürünlerde de görülebilmektedir. Bu ürünlerin üretiminde kullanılan fındık, fıstık, ceviz, badem vb. dolgu maddelerinin özellikle doymamış yağ asidi içeriği açısından zengin yağları, kaplama çikolatada bulunan kakao yağını çözümlenerek ürün yüzeyine göç etmesine neden olarak yağ kusması oluşumuna sebep olur. Bu tarz ürünlerde kaplama çikolata ve dolgu maddesi arasında karamel vb. dolgular ile bariyer etkisi oluşturularak yağ kusması engellenebilir (Tisoncik, 2003). Ayrıca kuruyemişlerin dış ortam ile nem alışverişini engellemek amacıyla geliştirilen yenilebilir film uygulamaları da dolgu ürünlerde yağ kusmasını engelleyebilir.

Zhao vd. (2018) yaptıkları çalışmada çikolata formülasyonunda yağsız katı partiküllerin boyutunun yağ kusmasına etkisini incelemişlerdir. Parçacıkların partikül boyutları arttıkça, yağın yüzeye migrasyonu için parçacıklar arası kanalların boşluklarının arttığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda numunenin mikroyapısının yağın yüzeye migrasyonu için daha elverişli bir hale geldiği belirtilmiştir. Sonuç olarak daha fazla sıvı yağ yüzeye göç ederek yüzeydeki beyazlık indeksinde artışa sebep olmuştur. Bu çalışma ile artan partikül büyüklüğünün, yağ kusması oluşum hızını arttırdığı belirlenmiştir. Bundan dolayı çikolata formülasyonunda yer alan girdilerin partikül boyutu dikkate alınarak üretim prosesinin optimize edilmesi son ürün duyu özellikleri açısından önemli olduğu gibi yağ kusmasının oluşum süreci üzerinde de önemli etkiye sahiptir.

Yağ kusması formülasyon kaynaklı oluşabileceği gibi üretim de uygulanan temperleme ve soğutma prosesleri de bu açıdan çok önemlidir.

4.2.Hatalı Temperleme

Çikolata üretimi sırasında en stabil ve arzu edilen form olan $\beta\beta_V$ oluşumu için uygulanan ısıtma/soğutma aşamalarından oluşan temperleme prosesi yetersiz seviyede yapıldığında da yağ kusması oluşumu hızlanmaktadır. Eğer bu aşamada yetersiz bir temperleme uygulanırsa stabil β_V kristalleri stabil olmayan β_{IV} kristallerine dönüşür (Tisoncik, 2003). Temperlemede oluşan stabil kristal konsantrasyonu, soğutma işleminde iyi bir kristalizasyon için yeterli değilse, az temperlenmiş demektir. Bu durumda yağ kusması iki günden daha az bir sürede meydana gelebilir (Lonchampt ve Hartel, 2004). Bu şekilde üretilen çikolatalarda parlaklık düşük olur, ağızda kumsu yapı oluşturan, snap denilen çikolatanın çatlama sesinden yoksun bir ürün elde edilir. Ayrıca yetersiz derecede temperlenen ürünler yeterli miktarda oluşamayan β_V kristalleri sebebiyle, ele alındığında birkaç saniyede erir.

Çikolata üretiminde yetersiz temperleme sonucu oluşan bir hata, çikolatanın depolanmasında ve perakende raflarında beklerken kendini ortaya çıkarmaktadır. Bu noktada yeterli temperlemenin çikolatanın raf ömrü açısından önemi tartışılmaz bir durumdur. Bundan dolayı çikolata kitlesi temperlemeden çıkmadan önce mutlaka tempermetre ile CTU (çikolata temper birimi) değeri kontrol edilmelidir. Yeterli temperlenmeyen veya fazla temperlenen çikolataların temperleme prosesi mutlaka tekrarlanmalıdır (Tisoncik, 2003) veya bir sonraki proses olan soğutma prosesi, temperleme aşamasında oluşan polimorf çeşitlerine göre optimize edilmelidir. Tempermetre ile elde edilen sonuçlara ilave olarak polimorf çeşitlerinin belirlendiği yöntemlerin de kalite özelliklerinin belirlenmesinde kullanılması yağ kusmasını önleme aşamasında fayda sağlayacaktır.

4.3.Soğutma Tüneli Sıcaklıkları

Temperleme prosesinde yaklaşık %1-5 arasında oluşan β_V miktarı, soğutma prosesi ile %75 oranlarına ve depolama ile de %99 seviyelerine yükselmektedir. Bundan dolayı uygulanan soğutma prosesinin süre/sıcaklık kombinasyonları, son ürün kalite özellikleri ve raf ömrü açısından oldukça önemlidir. Temperleme sonrasında kalıplanan akışkan haldeki çikolata, temperinin bozulmasına müsaade etmeyecek şekilde soğutma tünellerine katılması için gönderilir. Bu noktada soğutma tünellerinin giriş ve çıkış sıcaklığının hem çikolata sıcaklığı hem de ortam sıcaklığına geçişi sırasında şok etkisi yapmayacak şekilde sıcaklık derecesi ayarlanması önemlidir. Özellikle soğutma tüneli çıkış sıcaklığı, ortam sıcaklığına yakın olacak şekilde tasarlanmalıdır. Aksi takdirde temperi bozulan çikolatalar, taşıma ve depolama esnasında kendini yağ kusması olarak göstermektedir. Soğutma hızı eğer çok yüksek olursa kararsız kristal yapılar dönüşüm artar. Bu durum yüzeyde çatlak oluşumuna yol açabilir. Ayrıca çikolata iyi temperlenmemiş olarak soğutma tünellerine girdiğinde soğutma sıcaklığına karşı daha fazla hassas olmaktadır (Tisoncik, 2003). Çikolatayı kalıplamadan önce hem soğutma tünelleri sıcaklıkları, hem de temper derecesi kontrol edilmelidir. Endüstriyel uygulamalarda genel olarak soğutma tüneli farklı sıcaklık derecelerine sahip üç zone (Birinci zone: 16/18°C, İkinci zone: 8/10°C ve Üçüncü zone: 12/14°C) dan oluşur. Tek sıcaklık değerine sahip soğutma tünelleri de endüstride kullanılmaktadır. Temperleme sonrası optimum şartlarda soğutma prosesi uygulanması, çikolata kalite özellikleri açısından çok önemlidir.

4.4.Çikolata Kalıpları

Çikolata kitlesi kalıplanıp soğutulduktan sonra, kalıptan çıkarılır. Bu aşamada kalıpta kalan çikolata parçaları, yağ kusması oluşumu için kristal oluşumunu ve dönüşümünü etkileyeceği için bir başka risk kaynağıdır. Kalıplar temizlenmez ise bir sonraki depozitlenen çikolata üretiminde arta kalan bu parçacıklar kristal nükleasyon bölgesi oluşturarak temperin bozulmasına neden olur. Bundan dolayı kalıpların temizliğine önem verilmelidir (Tisoncik, 2003). Ayrıca, kalıp sıcaklığı da temper bozulmaması için dikkat edilmesi gereken bir faktördür. Genel olarak bitter çikolata için kalıp sıcaklığı 31°C, sütlü ve beyaz için ise 30°C olması tercih edilir. Daha yüksek sıcaklıklar, 32°C'de eriyen β_v kristal formlarını eriterek temper bozulmasına sebep olmaktadır. Bu durum da yetersiz temperleme sonucu ortaya çıkan yağ kusmasının görülmesine neden olur.

4.5.Depolama Sürecindeki Sıcaklık Dalgalanmaları

Çikolatanın üretimi sonrasında, ürünün taşınma veya depolanması esnasında çevresel faktörler (sıcaklık dalgalanmaları, bağıl nem) uygun olmadığında yağ kusması meydana gelmektedir. Örneğin nakliye kamyonunun sıcaklığı eğer çikolatanın erime noktasının üzerinde olursa, çikolatanın stabil kristal yapısı bozulur. Bu durum da ileride yağ kusmasına neden olacaktır (Tisoncik, 2003). Ayrıca, sıcaklık yükselmesinden dolayı sıvı faza geçen yağ, katı haldeki yağları çözerek yüzeye taşıyarak yağ kusmasını tetiklemektedir.

Çikolata ürünlerinde raf ömrü dolmadan yağ kusmasının önlenmesi için uygun bir depolama şarttır. Sadece üretici depolarında değil aynı zamanda perakendeci raflarında, nakliye kamyonlarında ve tüketici dolaplarında da uygun depolamanın yapılması gerekmektedir (Tisoncik, 2003). Bu aşamalarda çikolata ürünlerinde meydana gelebilecek sıcaklık dalgalanmaları minimuma indirilmelidir. Çikolata için en güvenli depolama şartları %40-60 bağıl nem ve 18-22°C sıcaklık aralıklarıdır. Oda sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda çikolatanın stabil kristal yapısı bozulmaktadır. Ayrıca, erime kaynaklı ortaya çıkan yağ kusmasını engelleyebilmek için ısıtma işlemi dirençli çikolata üretiminin de çözüm olabileceği belirtilmiştir. Çikolata yapısında bulunan mikroyapısal ağın kuvvetlendirilerek (direk/dolaylı/enkapsüle su ilave edilmesi; stabil partikül ağı geliştirilmesi; yüksek erime noktasına sahip emülgatör eklenerek ikincil ağ yapı oluşturulması; yağ bağlayıcı polimer ilave edilmesi) veya yağ fazının erime noktasının yükseltilmesi (interesterifikasyon veya formülasyonda yüksek erime noktasına sahip yağ kullanılması) ile ısıtma işlemi dirençli çikolata üretimi (Stortz ve Marangoni, 2011) ile erime kaynaklı ortaya çıkan yağ kusmasının önüne geçebilme imkanı da bulunmaktadır. Son zamanlarda oleojel kullanımı da yağ fazının erime noktasını yükseltmek amacıyla novel bir yöntem olarak dikkat çekmektedir.

Jin ve Hartel (2015)'in yaptığı bir çalışmada sıcaklık döngü sıklığının yağ kusması oluşum hızı üzerine etkisi araştırılmıştır. Farklı katı yağ içerikli (%45, 55 ve 65 SFC) çikolata örneklerine 4 hafta boyunca 20 ve 30°C olmak üzere 3, 7 ve 11 saatlik sıcaklık döngüleri uygulanmıştır. 3 saatlik sıcaklık döngüsünde %45 SFC'ye sahip örnek aynı gün içinde beyazlamaya başlarken, %55 ve 65 SFC'ye sahip örneklerde ise 28. günde bile beyazlık indeksinde önemli değişiklik olmadığı saptanmıştır. 7 ve 11 saatlik sıcaklık döngülerinde ise %45 SFC'li numune aynı gün içinde beyazlamaya başlarken, %55 SFC içerikli olan 7.günde ve %65 SFC içerikli olanın ise 28. günde hafif bir beyazlık gösterdiği bildirilmiştir. Genel olarak, daha düşük katı yağ içeriğine (SFC) sahip olan örneklerde, tüm sıcaklık dalgalanma koşulları yağ kusmasının oluşumunu tetiklemiştir. Döngü başına daha uzun süre (düşük dalgalanma sıklığı), numunelerde daha hızlı yağ kusmasına sebep olmuştur. Uygulanan sıcaklık dalgalanmaları, yüksek erime noktalı yağların çözünürlüklerinde ve dolayısıyla katı yağ içeriklerinde değişime sebep olur. Bu durum da difüzyon veya kılcal hareketler ile yüzeye göç edebilecek sıvı yağların miktarının artmasına neden olur. Sıcaklık dalgalanmasından kaynaklı yağ kusması oluşumu, çalışmadaki model çikolata ve ticari çikolata arasındaki farklılıktan dolayı değişiklik göstermiştir. Bunun nedeni olarak model çikolata formülasyonunda daha düşük oranda bulunan partikül miktarı ve katı yağ içeriği (SFC) olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca model çikolatada şeker bulunmaması ve ticari çikolatada bulunan şeker kristallerinin yağ kristalleri için oluşturduğu çekirdeklenme etkisi de yağ kusmasının ilerlemesinde farklı etkilere yol açacağı kanısına varılmıştır (Dahlenborg vd.,2015; Bricknell ve Hartel, 1998).

Yapılan başka bir çalışmada yağ kusmasının mekanizması araştırılmış ve birincil sebep olarak yağ kristallerinin çikolata yüzeyinde önceden oluştuğu ve büyüdüğü belirtilmiştir (Lonchamp ve Hartel, 2004; Jewell, 1972; Aguilera vd., 2004). Fakat bu kristallerin nasıl büyüdüğü ve neden yağ kusmasının çikolata yüzeyinde spesifik bölgelerde oluştuğu açıklanamamıştır (Sonwai ve Rousseau, 2010). Bir diğer çalışmada ise çikolata yüzeyinde önceden oluşmuş yağ kristallerinin yağ kusmasına neden olacak daha büyük kristallere dönüşümünde kalıp etkisi sağladığı belirtilmiştir (Sonwai ve Rousseau, 2008).

Çikolata ve ürünlerinde gözlemlenen ve yağ kusması ile karıştırılan bir diğer kalite kusuru da şeker kusmasıdır. Şeker kusması da yüzeyde beyaz renk oluşumuna sebep olduğu için genel olarak yağ kusması ile karıştırılır. Şeker kusması çikolatanın yüksek nemli ortamda depolanmasından veya ürünün düşük sıcaklıktaki bir ortamdan hızlı bir şekilde yüksek sıcaklıktaki bir ortama geçişi ile oluşur. Her iki durum da çikolatada terlemeye sebep olarak şekerin çözünmesine sebep olur. Şekeri çözen yüzeyde bulunan suyun buharlaşması ile yüzeyde kalan şeker kristalleri beyaz görünüme sebep olur. Ortaya çıkan problemin yağ veya şeker kaynaklı olduğunu anlamak için mikroskop görüntüleri incelenebilir. Mikroskobun bulunmadığı ortamlarda pratik ve daha basit bir çözüm olarak çikolatanın 38°C'ye ısıtılması tavsiye edilmiştir. Bu sıcaklık seviyesine ısıtıldığında yağ kusması ortadan kaybolurken şeker kusması görülmeye devam eder (Afoakwa, 2010).

5. Sonuç

Genel olarak haz almak amacıyla tüketilen çikolata ve ürünlerinin raf ömrü süresince arzu edilen kalite kriterlerini muhafaza edebilmesi tüketici beğenisi ve kabulü açısından çok önemlidir. Yağ kusması, çikolata ve ürünlerinin albenisini ve raf ömrünü olumsuz derecede etkileyen en önemli faktör olarak öne çıkmaktadır. Yağ kusması, ürün besin değerinde herhangi bir olumsuzluğa sebep olmazken çikolata yüzeyinde grimsi bir renk oluşumuna sebep olur. Ürünlerin duyuşal, tekstürel ve diğer fiziksel özelliklerinde bozulmaya neden olarak haz almak için tercih edilen ürünlerin tüketilmemesine sebep olmakta ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Bu durum da çikolata endüstrisinde önemli bir problem ortaya çıkarmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada, çikolata ürünlerinde gözlemlenen yağ kusması probleminin oluşum sebepleri ve bu problemi önleme yolları incelenerek yağ kusması kaynakları ve çözüm yolları ile ilgili öneriler sunulmuştur. Yağ kusması, formülasyon, üretim prosesi (temperleme ve soğutma) ve depolama kaynaklı ortaya çıkabileceği için üreticiyi, perakendeciyi ve tüketiciyi ilgilendiren bir bütün olarak ele alınması gereken bir olaydır. Bu sebeple, her bir aşamada ilgili kesim tarafından gerekli önlemlerin alınması arzu edilen kalitede çikolata tüketimi için önem arz etmektedir.

Kaynakça

- Afoakwa, E.O. (2010). *Chocolate Science and Technology*. John Wiley & Sons Ltd., United Kingdom.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M., Vieira, J. (2008). Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 181-190.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M. (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science and Technology*, 18(6), 290-298.
- Aguilera, J.M., 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), 167–174.
- Awua, P.K. (2002). *Cocoa Processing and Chocolate Manufacture in Ghana*, Essex, UK: David Jamieson and Associates Press Inc..
- Beckett, S.T. (2009). *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Wiley-Blackwell Publication, United Kingdom.
- Bricknell, J., Hartel, R.W. (1998). Relation of fat bloom in chocolate to polymorphic transition of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 75(11), 1609–1615.
- Dahlenborg, H., Millqvist-Fureby, A., Bergenstahl, B. (2015). Effect of particle size in chocolate shell on oil migration and fat bloom development. *Journal of Food Engineering*, 146, 172-181.
- El-kalyoubi, M., Khallaf, M.F., Abdelrashid, A., Mostafa, E.M. (2011). Quality characteristics of chocolate-containing some fat replacer. *Annals of Agricultural Science*, 56(2), 89-96.
- Full, N.A., Reddy, S.Y., Dimick, P.S., Ziegler, G.R. (1996). Physical and sensory properties of milk chocolate formulated with anhydrous milk fat fractions. *Journal of Food Science*, 61(5), 1068-1073.
- Hartel, R.W. (2001). *Crystallization in Food*. Springer US, 326 S, USA.
- Jahurul, M.H.A., Zaidul, I.S.M., Norulaini, N.A.N., Sahena, F., Jinap, S., Azmir, J., Sharif, K.M. (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(4), 467-476.
- Jewell, G. (1972). Some observations on bloom on chocolate. *International Chocolate Review*, 27, 161-162.
- Jin, J., Hartel, R.W. (2015). Accelerated fat bloom in chocolate model systems: Solid fat content and temperature fluctuation frequency. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(10), 1473-1481.
- Laustsen, K. (1991). The nature of fat bloom in molded compound coatings. *Manufacturer Confectionery*, 71(5), 137-144.
- Liendo, R., Padilla, F.C., Quintana, A. (1998). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food Research International*, 30(9), 727-731.
- Lohman, M. H., Hartel, R.W. (1994). Effect of milk fat fractions on fat bloom in dark chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(3), 267–276.
- Lonchamp, P., Hartel, R.W. (2004). Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(4), 241-274.
- Minifie, B.W. (1989). *Chocolate, cocoa and confectionery science and technology*. Aspen Publisher, Gaithersburg, Maryland.
- Narine, S.S., Marangoni, A.G. (1999). Microscopic and rheological studies of fat crystal networks. *Journal of Crystal Growth*, 198 (199), 1315-1319.
- Nightingale, L.M., Cadwallader, K.R., Engeseth, N.J. (2012). Changes in dark chocolate volatiles during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (18), 4500-4507.
- 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(1), 286-297.
- Stortz, T.A., Marangoni, A.G. (2011). Heat resistant chocolate. *Trends in Food Science and Technology*, 22(5), 201-214.
- Talbot, G. (1999). Chocolate temper. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edition. Beckett ST (Ed.), 218-230 s, Oxford: Blackwell Science.
- Talhat, A.M., Lister, V.Y., Moggridge, G.D., Rasburn, J.R., 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.
- Timms, R.E. (2003). Interactions between fats, bloom and rancidity. In RE Timms (Ed.). *Confectionery fats handbook*. Properties, production and applications. Bridgewater: The Oily Press.
- Tisoncik, M. (2003). Chocolate Fat Bloom. *The Manufacturing Confectioner*, 65.
- Zhao, H., Bingol, G., James, B.J. (2018). Influence of non-fat particulate network on fat bloom development in a model chocolate. *Journal of Food Engineering*, 225, 12-17.