

# ÇİKOLATANIN REOLOJİK VE TEKSTÜREL KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Çikolata şeker ve kakaodan gelen ince partiküllerin yağ fazı içerisinde %70 oranında dispersiyon oluşturduğu yarı katı süspansiyondur. Kakao, dünyada yaygın üretimi olan, küçük, yassı ve düz Forastero cinsi tohumlardan üretilen Theobroma cacao meyvesinin tohumlarından çıkarılmıştır. Diğer cinslerden Criollo nadir üretilirken, Trinitario, Criollo ve Forasteronun hastalıklara dirençli hibrit olup dünya aroma tohumu üretiminin %3ünü oluşturmaktadır. Ticari adıyla ana veya dökme kakao Batı Afrika ve Brezilya'da üretilmektedir. Criollo (aromalı kakao) ise Orta ve Güney Amerika'da yetiştirilmektedir. Günümüzde dünya kakao üretiminin %70'i batı Afrika'dadır. Yeni ticari fuar talepleri ve üretim primleri, kalite güvencesindeki gelişimi uyarmakta ve böylece tek çeşit ve esas çikolatanın yapımını mümkün kılmaktadır. Birinci çikolata kategorileri olan siyah, sütlü ve beyaz çikolatalardır, ki bunlar farklı kakao kitlesi, süt yağı ve kakao yağı oranına sahiptirler. Bunun sonucu da protein yağ ve karbonhidrat oranları da çeşitlenmektedir. Çikolata üretim prosesi müşteri tercihleri ve firma deneyimlerinin çeşitliliği nedeniyle değişmektedir.

Duyusal karakteristiklerinin merkezini, erime özellikleri ve ağızda dağılım hissini etkileyen sürekli faz olan yağ kompozisyonu etkilemektedir. Çikolatada doymuş trigliseridlerden baskın olanlar stearik (%34) ve palmitik (%27) yağ asitleridir. Çikolata ortam sıcaklığı 20-25 C°'de katılaştırırken, ağızda 37 C°'de eriyerek katı partiküllerin süt yağı ve kakao yağı içerisinde süspansiyon oluşturması ile istenilen ağızda erime hissini vermektedir. Ağızdaki epitel doku yumuşaklık derecesine

oldukça duyarlıdır, ki bu istenilen yumuşaklık derecesi yağ kristallerinin formuna bağlıdır.

Yüksek şeker ve yağ içeriğinin aksine çikolata tüketimi insan beslenmesi üzerine vücuda gerekli olan antioksidanları ve polifonelloerden epikateşin, kateşin ve bilhassa prosiyanidin gibi flavonoidleri içermesi ile pozitif katkıda bulunur. Beyaz çikolatalar siyah ve sütlü çikolatalardan kakao nibteki (kabuk) antioksidanları içermemesi nedeniyle farklıdır ve bu farklılık ürünün raf ömrünü azaltmaktadır. Ayrıca çikolata potasyum, magnezyum, bakır ve demir gibi mineralleri de içermektedir. Çikolatadaki duyuşal karakteristikteki farklılıklar kullanılan farklı çeşitlerdeki kakaoların etkisinden ve diğer bileşenlerin oranları ve çeşitlerinden, süttozu yerine milk crumb\*\*\*\* kullanımından , karıştırma tekniklerinin ve üretim prosesinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Spesifikasyonlar çikolatanın çeşidine ve planlanan kullanımına bağlıdır.

\*\*\*\* Milk crumb is a combination of cocoa liquor, sugar, milk solids and sometimes added cocoa butter. It is generally an intermediate ingredient in the manufacture of milk chocolate. Milk crumb has an extended shelf life if moisture levels are maintained below 1%.

In the manufacture of milk crumb, the milk protein and sugar undergo a Maillard reaction, which produces a particular toasted or caramel flavor. Sometimes lipolyzed milkfat is also added to contribute short-chain fatty acids and develop a richer dairy flavor.

Table 1. Definition of some technical words used	
Technical word used	Definition
Bloom	Fat or sugar on the surface of chocolate giving it white sheen or sometimes individual white blobs.
Cocoa butter equivalent (CBE)	Vegetable fats totally compatible with cocoa butter and can be mixed with it in proportions stipulated by regulation.
Cocoa butter replacer (CBR)	Vegetable fats that may be mixed with cocoa butter but only in a limited proportion by regulation.
Cocoa nib	Cocoa cotyledon, bean with shells removed.
Cocoa liquor, cocoa mass	Roasted, ground cocoa nibs.
Origin liquor	Cocoa mass manufactured in country of bean origin.
Non-Newtonian liquid	A liquid such as molten chocolate whose viscosity varies according to rate of stirring (shear).
Plastic viscosity	Amount of energy required to keep a non-Newtonian liquid moving once motion has been initiated.
Yield value	Amount of energy required to initiate motion in a non-Newtonian liquid, e.g. molten chocolate.
Casson equation	$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_{CA}} + \sqrt{\mu_{CA}}\sqrt{\dot{\gamma}}$ Variable definitions: $\tau$ : yield stress; $\tau_{CA}$ : Casson yield stress; $\mu_{CA}$ : Casson viscosity; and $\dot{\gamma}$ : shear rate.

**Beyazlama:** Yağ ve şekerin çikolata yüzeyinde beyaz yüzey ve bazen de karakteristik damlalar oluşturması.

#### Kakaoyağı

**eşdeğeryağlar(CBE):** Tamamen kakao yağı ile uyumlu olan ve düzenlemelerle belli oranlarda kakaoyağı ile karışım oluşturabilen bitkisel yağlardır.

**Kakao yağı-yerine yağlar(CBS):** Kakao yağı ile düzenlemelerce belirlenen sınırla oranlarda karışım oluşturabilen bitkisel yağlardır.

**Kakao sapı:** Kakao çeneği( bitkinin embriyonunda yaprakları gösteren ve ona ilk besin maddelerini veren organ) ve kabuğu temizlenmiş kakao tohumu.

**Kakao Likörü:** Fırınlanmış kakao nibi zemini.

**Kakao kitesi-Likör orjini:** Kakao tohumunun orijini ülkede üretilen kakao kitesi.

**Non-Newtonian Akışkan:** Kesme oranına göre viskozitesi değişen erimiş çikolata gibi sıvılardır.

**Plastik viskozite:** Non-newtinan sıvıların başlangıçtan itibaren hareketin sürekliliği için gerekli enerji miktarıdır.

**Yield Value:** Erimiş çikolata gibi non newtonian sıvıların başlangıç hareketi için gerekli enerji miktarıdır.

Ağızda yağ fazında erimiş çikolata gibi şeker partikülleride tükürük içinde çözünerek sıvı fazda karışım oluşturur. Yağ ve kakao kitlesi ağız epitel yüzeyini kaplar. Partiküllerin ağızda çözünmesi, partikülün kalınlık oranı, partikül büyüklüğüne bağlı çözünme oranı, çiğneme , dil baskısı ve yutmayı etkiler. Partikül büyüklüğü dağılımı ve bileşenlerin kompozisyonu başlangıçta tad olmak üzere genizde hissedilen aroma karakteristiğine bağlı olarak ağızda buharlaşmayı etkiler.

Reolojik özellikler, çikolata üretiminde iyi tekstüre sahip yüksek kaliteli ürünlerin üretilmesinde önemlidir. Yüksek viskoziteye sahip çikolatalar ağızda hamur gibi tad bırakırken ağızda kalmaktadır. Viskozite çikolata bileşimi, üretim metodu ve partikül büyüklüğü dağılımı ile ilişkilidir. Mutlak viskozite ağız içinde sıvıda çözünmüş aromayı etkilerken tüketim sırasındaki tat yoğunluğunu da etkiler, bu nedenle reolojik ölçümler çikolatanın duyuşal karakteristiği ile ilgili bilgiler vermektedir.

Bu makalede üretim metodları, partikül büyüklüğü dağılımı ve bileşen kompozisyonunun çikolatanın reolojik ve duyuşal kalitesi ile ilişkisi değerlendirilmiştir.

## Çikolata Üretim Prosesine Giriş

Kakao tohum zarfındaki 30-50 beyaz meyve etiyle kaplanmış 4-6 hafta sonra olgunluğa ulaşmış 2 kotiledon içeren çekirdekler çikolata üretiminde kakao kitesini oluşturular veya kakao kitesi de preslenerek kakao yağı ve kakao tozu oluşur.

Kakao kuru maddesi üretimi süresince gerçekleşen kompleks kimyasal reaksiyonlar ile son aroma ve tekstür özellikleri oluşmaktadır. Harmandan sonraki enzimatik ve mikrobiyal reaksiyonlar 5-7 gün sonra tohumda fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olmaktadır. Polifenollerin protein (%12-

15) ve peptidlerle esmerleşme (browning) reaksiyonu sonucu kakaonun karakteristik rengi oluşmaktadır. Fermantasyon reaksiyonlarına Fowler ve Becket tarafından göz atılmıştır. Depolama ve sevkiyat sırasında kabukların kuruması ile tohumun nem içeriği %60 'dan %8'e kadar düşmektedir. Güneşte kuruma aroma gelişimini sağlamak ve son nem içeriği ve farklı hava akışı ile sert yüzey oluşumunun sağlamak için tercih edilmektedir. Tohumlar kontrollü depolanarak sevk edildiğinde veya orijin ülkesinde işlendiğinde kalite güvencesi sağlanmakta ve ticari değeri artmaktadır.

Product	Carbohydrate (%)	Fat (%)	Protein (%)
Dark chocolate	63.5	28.0	5.0
Milk chocolate	56.9	30.7	7.7
White chocolate	58.3	30.9	8.0

Source: Chan, Brown, and Buss (1994).

Tohumların metal tavalara yüksek hızla vurulması sonucu kırılan kabukların savrulması öncesi ve sonrasında kavrulabilir. Koteledonun öğütülmesi ile kavurma sırasında nib içerisindeki ısı transferi kolaylaşmaktadır. Likörün kavrulmasında öncül sıvılaştırma kullanılmaktadır. Kavurmada nem %3lerin altına düşmekte ve aminoasitlerin maillard reaksiyonu, proteaz aktivitesi ve fermentasyon, çikolatada önemli aktif aldehytler ile yüzey aroması oluşumu görülmektedir. Fermantasyon da türemiş uçur asitlerin yok edilmesi ile burukluk ve taddaki etiki giderilmektedir. Kavurma sıcaklığı (90-170 C)ve zamanı nib bileşimi, nem kaybı oranını etkilemekte yani kurumu nemlimi kavrulduğunu göstermektedir. Nib hücrelerinin öğütülmesinde partikül büyüklüğünün 30 mikronun üzerine çıkması ile kakao liköründeki kakao yağı ayrılmakta ve ile kakao tozu üretilmektedir, ince öğütme bu yüzden çok önemlidir. Genellikle presleme sonunda %78-90 kakao yağı ayrılmakta, ve süperkritik akışkan ekstraksiyonu ile mutlak yağ ayrışmaktadır.

Çikolata üretim prosesi genellikle aynı özellikleri taşımakta, karıştırma, inceltme

konçlama ve şekillendirme kısımlarından oluşmaktadır.(Fig-1).Sonuç olarak son üründe modern şekerlemede istenen yumuşak tekstür ve duyuusal değerlendirilmede kumsu yapının eliminasyonu aranmaktadır.

Çikolata çeşidine bağlı olarak kakao likörü, şeker, kakao yağı, süt yağı ve süttözu içermektedir. Şekerin, süt kuru maddesinin kakao likörünün karışımı ile yağ içeriği %8-24 arası değişmekte ve 2'li veya 5'li silindir kullanılarak yapılan inceltme ile de partikül büyüklüğü 30 mikronun altına düşmektedir. Son partikül büyüklüğü reolojik özellikler ve duyuusal özellikleri etkilemektedir. 5'li silindir dikey sıralanmış 4 silindirik boşluktan oluşmuştur, silindir içi su akışı ile sıcaklık kontrolü sağlanmaktadır ve hidrolik basınç ile bir araya getirilmiştir. İnce film şeklindeki çikolata hızları artan silindirler tarafından çekilmekte ve incelerken yukarı silindirlere taşınmakta ve bıçak tarafından kazınılarak yüzeyden alınmaktadır. Silindirik kesme yöntemiyle parçalanmış katı partiküller yağ ile kaplanarak yeni yüzey kazanmakta ve kakao bileşiminden uçur aroma bileşenleri absorbe etmektedir. Sütlü çikolatanın tekstürü 65 mikron üzeri partiküllerin dağılımı ile gelişmektedir. Her ne kadar ürün ve bileşimi etkilese de siyah çikolatada optimum partikül büyüklüğü 35 mikronun altındadır. Özet olarak inceltme prosesi, sadece partikül büyüklüğünün azaltılması üzerine etkimemekte aynı zamanda topakların kırılarak partiküllerin dağılımına ve sürekli yağ fazı ile kaplanmasını da sağlamaktadır.

İnceltmiş karışım konça yüklenerek konçlama prosesi ile viskozite gelişimi ve son aroma ve tekstür gelişimi sağlanmaktadır. Bu aşama çikolata hamurunun son aşamasıdır.

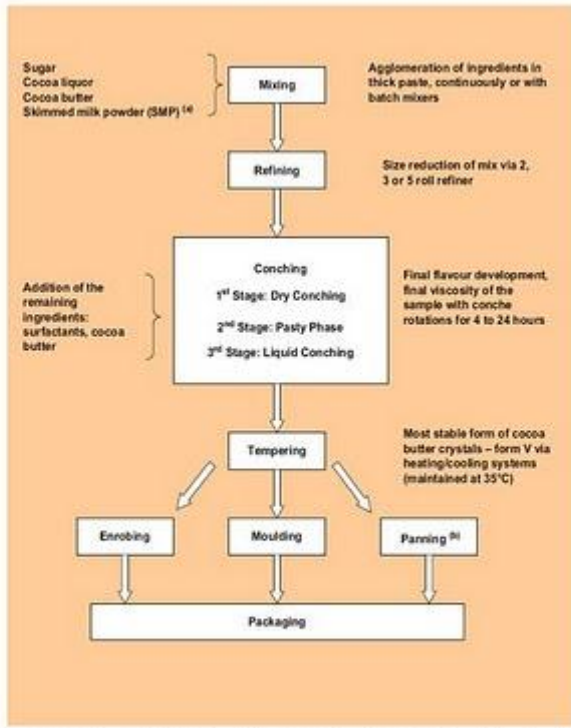


Fig. 1. Processing steps for chocolate manufacture: (a) Skimmed milk powder is only used in milk chocolate manufacture; (b) panning means that chocolate is used as coating for hard centres such as nuts (Babin, 2005) with some modification.

Konçlama genellikle altüst edilen çikolata sıcaklığı birkaç saat için 50 C °'nin üzerine çıktığında sonlanır. Konçlamanın başlangıcında istenmeyen uçar aromaların yok edilmesi ile azalır ve sonrasında dispers ve sürekli faz arasındaki etkileşimle ilerler. Konçlama süresi ve sıcaklığı ürüne göre değişir, genellikle milk crumb kullanımında 49-52C'de 10-16 saat, süttozu kullanımında 60 C °'nin üzerindeki sıcaklıklarda 16-24 saat yapılmaktadır. siyah çikolatada süttozu kullanımında ise sıcaklık 70 -82 C °'ye

ulaşmaktadır. Yağlı süttozu kullanımı yerine yağsız süttozu ve susuz tereyağı kullanımı ile 70 C °'de konçlama yapılabilir. Çikolatada uygun viskozite için konçlamanın ileriki aşamalarında ve temperleme öncesi son aşamasında ince kitleye kakao yağı ve lesitin eklenir.

## Çikolata Üretimi Süresince Lipid Kristalizasyonu Ve Sürekli Faz Karakteristiği

Kakao yağı likid yağın nasıl katılacağı üzerine etkili olan yağ asidi kompozisyonu ile

trigliserid bileşiminin fonksiyonu gibi farklı polimorfik formda kristalize olabilir, kakao yağı 6 poliformik yapıya sahiptir, başlıcaları  $\alpha$  ,  $\beta$  ve  $\beta'$ 'dür.  $\beta$ V formu iyi temperlenmiş çikolatada parlak görünüm vermek, iyi kırılgenlik ve yapı vermek ve yağ göçü direncini arttırmak için en çok istenen formdur. Eğer çikolata iyi temperlenmemişse  $\beta$ VI formu oluşmaktadır ki bu form  $\beta$ V formunu dönüştürmektedir. Bu rengi etkilemekte düzensiz kristal gelişimi ile karışık açık renk yansımaları oluşmaktadır. Temperlenmemiş çikolata yumuşaktır ve etkili olarak kalıplanamaz. Kakao yağında V. Ve VI formlar genellikle stabil formlardır. Her ne kadar uzun süre depolanmış temperlenmiş çikolatada yağ göçü ile form kazansa da Form VI'yı meydana getirmek zordur. Bununla beraber FormVI yüksek erime sıcaklığına sahiptir (36C) , kristal boyutu büyük ve ağızda hissedilebilir kumsu yapıya sahiptir. Form I değişken formdur, erime noktası 17 C ° ve hazlı bir şekilde Form II'yi dönüştürmektedir, Form II yavaşça Form III'ü ve Form IV'ü dönüştürmektedir. Poliformik trigliserid formları yağ asidi zincirleri ile farklı mesafelere sahiptir. Açının eğimi metil gurubuyla biten düz zincirler ve kristalizasyonda düzenlenen trigliserid zincir paketi ilişkilidir.

Polymorphic forms of cocoa butter	Melting point (°C)	Chain packing	
Form I	$\beta'_2$	16–18	Double
Form II	$\alpha$	21–22	Double
Form III	Mixed	25.5	Double
Form IV	$\beta_1$	27–29	Double
Form V	$\beta_2$	34–35	Triple
Form VI	$\beta'_1$	36	Triple

Source: Talbot (1999).

Polimorfik form proses şartları tarafından belirlenmiştir. Kristalize yağ asidinin çiftli veya 32 li zincir formunda olması trigliserid bileşimi ve pozisyonel dağılımına bağlıdır. Kristalize Form IV kristalleri çiftli zincir formunda iken Form V kristalleri 3'lü zincir sistemine sahiptir ki bu zincir paketlerinin yaklaşmasına olanak sağlarken aynı zamanda yüksek termodinamik stabilite sağlar. Değişken düşük polimorfik

formlar (Form II ve III) yüksek erime noktasına sahip daha düşük hacimde ve zincir paketleri yakın olan stabil formları dönüştürür. Bu değişiklikler tüm çikolata çeşitlerinde gözlenmiştir, Görünüş ve istenmeyen yağ göçü formasyon oranı poliformik formların nisbi stabilitesi ve sıcaklığa bağlıdır. Çikolata için kabul edilebilir poliformik form çok önemlidir ve çikolatanın renk, sertlik, işleme, son mamül ve raf ömrü karakteristiklerini etkilemektedir.

Temperleme küçük miktardaki trigliseridlerin ön kristalizasyon aşamasını kapsar, Kristallerin %1-3'ü yağın doğru formu kazanması için çekirdek formu kazanır. Temperlemede anahtar aşamalar erimenin tamamlanması (50 C°), kristalizasyon noktasına soğutma (32 C°), kristalizasyon (27 C°), stabil olmayan kristallerin stabil forma dönüşümü (29-31 C°)'dür.

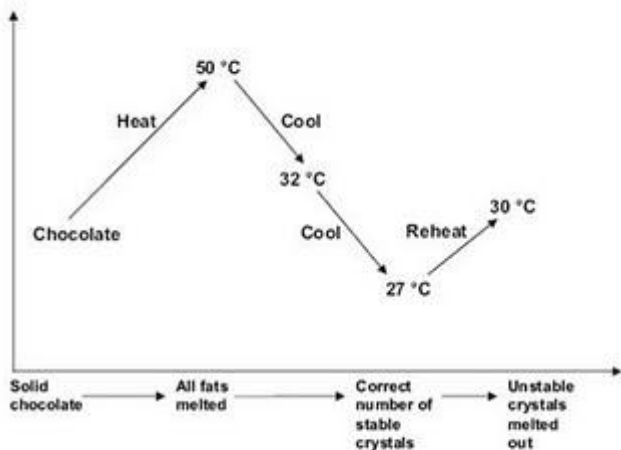


Fig. 2. Tempering sequence during lipid crystallization in chocolates.

Temperleme etkinliğini reçetenin fonksiyonu, ekipman ve amaçlanan son ürün kalitesi belirler. Temperleme makinesini kullanılmadan önce çikolata elle temperleniyordu ki bu yöntem hala çikolata üreticileri tarafından bazen tercih edilmektedir. Günümüzdeki temperleme makineleri ise çok aşamalı ısı değiştirici sistemlerden oluşmaktadır, çikolata bunların içinden farklı oranlarda geçmekte ve bu nedenle optimum şartları tanımlamak zorlaşmaktadır. Zaman-Sıcaklık kombinasyonları sürekli temperleme

sistemlerinde prosesin belirlenmesinde çok önemlidir. Erimiş çikolata 45 C°'de tutulur sonra yavaşça soğutularak ilk kristal oluşumu sağlanır.

'Masterseeder' Windhab and Merhle temperlemede yüksek tohum kristalleri kesme oranının yağ kristalleri çekirdeklenme kinetiğine olumlu etkisi olduğunu bulmuşlardır ve polimorfik dönüşümün ( $\alpha-\beta-\beta_1$ ) yüksek kesme akış alanı içinde kesme gücü tarafından hızlandırıldığı ve tüm üretilen ürünlerin kalitesinin iyileşerek fat bloom (yağ göçü) azalttığı gözlenmiştir. Temperleme boyunca sıcaklık tam olarak kontrol edilmiş ve çalkalama ile çekirdek oluşum hızı artmıştır. Viskozitenin yükselmesi ile 3. aşamada çikolata tekrar ısıtılmış ve katılaşmanın hızlanmasına engel olunmuştur. 4. aşamada ise çikolata olgunlaşmıştır. Çikolata aynı zamanda 150 bar basınç altında sıkıştırılarak ta yüksek basınç altında temperlenmiştir. Bu çikolatanın erime noktasını yükseltmiş ve kristallerin bütün poliformik formları katılaşmayla beraber oluşmuştur. Basınç kaldırıldığında ise düşük polimorfik formlar eriyerek temperlenmiş çikolatadan ayrılmıştır. Sonraki beçlerde stabil yağ kristalleri oluşmuştur.

İyi temperlenmiş çikolata aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- İyi görünüş ve renk
- Parlaklık
- Kalıpta büzülme
- Stabil ağırlık kontrolü
- Stabil ürün
- Sertlik ve yüksek ısı direnç (paketleme süresince azalmış parmak izi)
- Uzun raf ömrü

Süt yağı moleküllerinin kristal formasyonu üzerine etkisinden dolayı sütlü çikolatada temperleme prosesi siyah çikolataya göre farklıdır. Sütlü çikolatanın tereyağı içermesi ötektik etkiye (azami erime kabiliyeti) neden olurken, bu bloom (yağ göçü) formasyonuna engel olur, düşük erime noktasının sonucu olarak tekstürün

yumuşaması ve temperleme prosesinde düşük sıcaklıkta (Sütlü çikolata için 34,5 C ile kıyaslandığında 29,4 civarı ) kristal oluşumu gözlenmiştir.

\*\*\*\*\* Genelde tereyağının büyük bölümünün kristalleşmesi 8 ile 20 °C arasında meydana gelmektedir. Yağ asitleri kompozisyonundaki mevsimsel farklılık katı / likit yağ oranını da etkilemektedir. Bu nedenle kış yağlarında likit yağ oranı 18 °C 'de %50 iken, yaz tereyağlarında %65 civarındadır. Tereyağında yüksek erime noktasına sahip trigliseridlerin katı forma geçme (sertleşme) sıcaklığı, kış mevsiminde 23°C, yazın 20.5 °C'dir. Düşük erime noktasına sahip trigliseridlerin ise katı hale geçme sıcaklığı kışın 13 °C, yazın 12.5 °C'dir.

Kakao yağı eşdeğerleri (CBEs) ve yerine yağlar (CBRs)da çikolata endüstrisinde uygulama alanı bulmuşlardır. Kakao yağı eşdeğerleri (CBEs) kakao yağı ile uyumlu iken yerine yağlar (CBRs) üretimde tamamen kakao yağının yerini almışsa temperlemeye gereksinim duymaz. Kakao yağı eşdeğerleri (CBEs) kakao yağı ile aynı erime sıcaklığı aralığına sahiptir fakat sadece  $\beta$  formda kristal oluştururlar.

Yakın zamanlarda, kesmenin çikolata ve kakao yağı temperlemesi üzerine etkisi üzerine kakao yağı ve sütlü çikolatada farklı akış geometrilerinde çalışmalar yapılmıştır. Mesela Sütlü çikolata ve kakao yağı ile Couette geometrisi, kakao yağı ile konik ve plaka sistemi, sütlü çikolata ile paralel plakalı viskoz metre, kakao yağı ile horizontal şerit cihazı (helical ribbon device) ısı değiştirici yüzeyinden kazınma sütlü çikolata ve kakao yağı kazınmıştır.

## Çikolatada Partikül Büyüklüğü ve Dağılımı

Partikül büyüklüğü dağılımı çikolatanın akış parametreleri üzerinde ana belirleyici

faktörken duyuşsal algılamayı da direkt etkiler.

Beckett büyük partiküllerin ağızda kumsu yapının hissedilmesinde önemli etken olduğunu , küçük partiküllerin ise çikolatanın akış özelliklerini etkilediğini çalışmaları sonucunda gözlemlemiştir. Genellikle, partikül büyüklüğü Avrupa ülkelerinde 15-20 mikron , Kuzey Amerika'da 20-30 mikron olarak tanımlanmıştır. Fakat global endüstrinin gelişmesi ile geleneksel farklılıklar yok olmuş ve daha spesifikasyonlar geliştirilerek daha spesifik ürünler üretilmeye başlanmıştır.

Partikül büyüklüğü dağılımı katı sıvı karışımın yoğunluğunun kontrolünde , karışımın pompalanmasına yardım ve erimiş çikolatanın karışmasında, nakliye, atomizasyon, yüksek katı bileşime sahip gıdaların süt süspansiyonunda öğütülmesi ve D-limonene için araç olarak kullanılmıştır. Malvern aracı ile laser dağılma (sapma) aracının uygulanabilirliği çikolata prosesi kontrolünde ve partikül büyüklüğü dağılımının akışkanlığın kontrolündeki önemi tanımlanmıştır. Modern çikolata üretimi prosesinde rekabet gücünün artması ile yüksek katı bileşime sahip proste akış performansı üzerine etkili faktörlerin kontrolünü anlama gereklidir.

Partikül büyüklüğü dağılımı optimizasyonu ile çikolatadan istenen damak zevki hazzı sağlanmaktadır. Mesela partikül büyüklüğünün maksimum 30 mikron olması ile veya üründe kumsu kaba tadın olması ile ağızda algılama farklıdır. Partikül büyüklüğü dağılımı tekstür kadar viskoziteyi de etkiler. Partikül büyüklüğü maksimum 20 mikron olan çikolata maksimum 30 mikron olandan daha kremi bir tada sahiptir. Partikül büyüklüğü dağılımı akış prosesi üzerine etkin rol oynarken bu genellikle deneysel bilgilerle sınırlı kalmıştır. Partikül büyüklüğü dağılımının optimizasyonu

üzerine birçok örnek göstermiştir ki, proses etkinliğindeki gelişme ile üretimdeki kazanç artmıştır. Elma sosu ve hardalda olduğu gibi bimodal (çift yönlü) partikül büyüklüğü dağılımı ile viskozite azaltılması ve son ürün kesme ve zamanı, sıcaklık stabilitesi ile yüzey gelişimi daha iyi bir karışım sağlanmıştır. Villagran, McCabe ve Wong yağı azaltılmış ürün prosesine patent almışlardır. Bu proses bimodal (çift yönlü) partikül büyüklüğü dağılımı ve fındık ezmesinin viskozitesinin azalması ile sonuçlanmış, buda düşük yağ içerikli fındık ezmesinde istenilen akıcılık tekstür ve aroma oluşumuna izin vermiştir. Geniş araştırma alanı bulan ve değerlendirilen solid süspansiyon örneği şeker, kakao, ve süt katı maddesi gibi katı partiküllerin newtonian akışkan olan yağ fazında polidispers süspansiyon oluşturduğu için çikolatadır. Böylece Casson eşitliğinin uygulanabilirliği katı madde bileşimi %75-85 olan çikolatanın akış davranışı için model olmuştur. Birçok çikolata çeşidi bimodal (çift yönlü) ve trimodal partikül büyüklüğü dağılımına sahiptir. Ticari olarak üretilmiş kaplamalı ürünlerin partikül büyüklüğü dağılımı Fig-3'te gösterilmiştir. Bimodal partikül büyüklüğü dağılımında partikül büyüklüğü 15-25 mikron arasındadır.

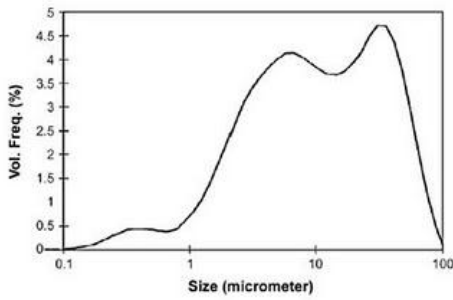


Fig. 3. Particle size distribution of commercial enrobing mass during chocolate manufacture.

Partikül büyüklüğü dağılımı spesifik yüzey alanı ile çikolatanın reolojik özelliklerini etkilerken ana partikül büyüklüğü de yüzey gerilimini etkiler. Bouzas ve Brown çalışmaları sonucu şunu elde etmişlerdir. Sonsuz model dağılımına bağlı partikül

büyüklüğü çok düşük plastik viskozite verir. Aguilar ve Ziegler viskoziteyi kontrollü azaltmak için bi modal partikül büyüklüğü dağılımı üzerine çalışmışlardır. Servais ve arkadaşları ince ( $d_{4.3}=8,5\mu\text{m}$ ) ve kaba ( $d_{4.3}=17\mu\text{m}$ ) partiküllerden oluşan çikolata karışımlarında karıştırma oranlarının çeşitlendirilmesi dolgu fraksiyonu ile ana partikül çapı ve dolgu (packing) fraksiyonu olmayan spesifik yüzey alanıyla yakın ilişkisi olan yield value ile kesme viskozitesi arasındaki ilişkiyi etkilemektedir. Bu oranın %60 kaba partiküller %40 ince partiküller şeklinde olması çok düşük viskozite verir. Genellikle çikolata viskozitesi genellikle kakao yağı ve pahalı viskozite modifiye ediciler (soya lesitini gibi yüzey aktif bileşenler) kullanılarak kontrol edilir. İnce partiküllerin çikolatada duyuşal özellikleri geliştirdiği bilinir fakat plastik viskozite ve yüzey gerilimi kakao yağı ile etkileşen partiküllerin yüzey alanının artması ile artmaktadır. Partikül büyüklüğü dağılımının optimizasyonunun başlıca yararı viskozite modifiye edicilerin azaltılması ve prosesin kontrolünün tahmin edilebilirliğidir.

tanımlanan süspansiyon akış özellikleri içinde partikül büyüklüğü dağılımı uygulamalarının aksine Awea ve Whitefield bunun reolojik karakteristikleri üzerine etki eden tek faktör olmadığını tanımlamışlardır. Böylece viskoz süspansiyonların modifikasyonlarının genel prensibi sistem özelliklerine göre istenilen partikül büyüklüğü ve fiziksel özellikler, akış davranışı ve duyuşal özelliklerdeki değişikliği sağlayan bileşimsel faktör tarafından değiştirilmiştir.

# Çikolatanın Bileşiminin Reolojik Özellikler Ve Tekstürel Kalite Üzerine Etkisi

## Yağın Rolü

Kakao nibi %55 yağdan oluşur ki bu yağ çikolatanın %30'unu oluşturur. Kakao yağı trigiliseridleri 1,3 pozisyonunda doymuş yağ asitlerine ve 2 pozisyonunda oleik aside sahiptir. Yağ asidi bileşimi %35 oleik asit, %34 stearik asit, %26 palmitik asit şeklindedir ve bununla beraber polar lipidler, sterioller ve tokoferolleride içerir ve bunların her biri yetiştirme şartları ve orijinine bağlıdır. Basit trigiliserid kompozisyonuna sahip çikolatada erime sıcaklığı aralığı 23-37 C °'dir. FormV( $\beta$ 2) yağ kristali formu iyi temperlenmiş çikolata üretiminde baskın ve istenilen yağ kristali formudur.

Kakao yağı eşdeğer yağlar(CBEs) gibi bazı bitkisel yağlar kakao yağı ile benzer trigiliserid kompozisyonuna sahiptir ve çikolatanın tekstürüne önemli bir negatif etki yaratmadan her oranda çikolataya eklenebilir.EU 2003 kakao ve çikolata üretimi düzenlemelerinde eğer mamül çikolata olarak satılacaksa %5 e kadar bitkisel yağ kullanımına izin verilmektedir. Laurik yağlar, Palm çekirdeği ve Hindistan cevizi yağı gibi Kakao yağı-Yerine yağlar (CBRs) farklı yollardan tek bir kristal formda ( $\beta'$ ) kristalize olurlar ve tamamen kakao yağı yerine kullanılırlar. Kaprenin gibi

düşük kalorili yağlar kakao yağından farklı yağ asidi bileşimine sahiptir ve mide tarafından düşük oranda absorbe edilirler, CBRs gibi kullanılabilirler. Non lauric yağlar ile bazı kakao yağları karıştırılarak kullanılabilir ve normal olarak temperlenir. Her ne kadar dondurma kaplamalar yüksek, pişmiş çikolata ve şehriye parçaları gibi spesyal ürünler düşük yağ içeriğine sahip olsa da çikolatalar çoğunlukla %25-35 oranında yağ içerirler. Günümüzde kullanılan yağ oranı kullanılan prosese bağlıdır ve bu son ürünün tekstürünü etkiler, öyle ki yüksek kalitedeki çikolata tabletleri bisküvi kaplamalarına oranla daha yüksek yağ içeriğine ve düşük partikül büyüklüğüne sahiptir.

Ekstra 1% yağın viskozite ye etkisi, hâlihazırda bulunan miktara ve bahsi geçen viskozite parametrelerine bağlıdır. Yağ içeriği %32'nin üzerinde ise eklenecek ekstra yağ ilavesi viskoziteyi değiştirmez.%28 yağ bileşimine sahip çikolatada yağ oranının %1 arttırılması plastik viskozite üzerine çarpıcı etki yapar ve plastik viskoziteyi neredeyse yarıya indirir. Bu değişiklik yağ içeriği %23'den daha düşük olduğundan da daha da artar ve normalde lapa kıvamında olan çikolata likit forma gelir.

Yağ içeriğinin etkisi plastik viskozitede yield value'ye oranla daha orantılı artar. Becket tanımlamıştır ki bu oluşum ekstra eklenen partiküllerin birbirini geçerek akışına yardım eden serbest taşınabilir yağ gibi sürpriz değildir. Yağların çoğunluğu partikül yüzeyini kısmen ıslatırlar. Bu serbest yağlar plastik viskozite çarpıcı oranda azaldığında akış meydana geldiğinde yağlanma üzerine büyük oranda etki eder. Yield value, katı partiküller arasındaki güç ile daha belirgin iken yağ eklenmesi ile daha az etkilidir.