

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KAKAO YAĞI ENKAPSÜLASYONUNUN  
ÇİKOLATADA YAĞ KUSMASINA ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Ekin DİNÇEL

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Duygu ALTIÖK

Haziran, 2015

T.C.

**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KAKAO YAĞI ENKAPSÜLASYONUNUN  
ÇİKOLATADA YAĞ KUSMASINA ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Ekin DİNÇEL**

**(Y1213.040002)**

**Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Duygu ALTIOK**

**Haziran, 2015**



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1213.040002 numaralı öğrencisi Ekin DİNÇEL'in "KAKAO YAĞI ENKAPSÜLASYONUNUN ÇİKOLATADA YAĞ KUSMASINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 10.06.2015 tarih ve 2015/12 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *Başarılı bulunmuştur.* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi :18/06/2015

1)Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Duygu ALTIÖK

2) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Şükrü KARATAŞ

3) Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Banu METİN

*[Handwritten signatures in blue ink over dotted lines]*

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Kakao Yağının Enkapsülasyonunun Çikolatada Yağ Kusmasına Etkisinin İncelenmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya ‘da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (.../.../20..)

Aday / İmza

## ÖNSÖZ

Çikolata, başta kakao olmak üzere, şeker, süt tozu, kakao yağı, vanilya, kolay işlenebilirliği sağlayan lesitin ve özelliğine göre arzu edilen diğer tat ve koku verici hammaddeler kullanılarak yapılan, vücuda enerji veren bir yiyecektir.

Çikolatadaki yağ kusması sanayide karşılaşılan en büyük sorunlardan birisidir. Çikolatada meydana gelen yağ kusması çikolatada hem yüksek çevre ısısından hem de yağ kristallerinin içten çikolata kabuğuna geçmesiyle meydana gelmektedir. Bu sorundan dolayı çikolatanın yüzeyi parlak olmaz ve yüzeyde sıkça beyaz kristaller görülebilmektedir. Bu konuyla alakalı yağ kusmasının önlenmesi çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmadaki hedef özellikle çikolata ve çikolata ihtiva eden ürünlerde rastlanan yağ kusması probleminin kaynağı olarak görülen kakao yağının püskürtmeli kurutucu tekniği ile enkapsüle edilerek raf ve depolama şartlarına karşı oluşacak form değişikliklerinde çikolata yüzeyinde oluşan beyazlamanın engellenmesidir.

Tez çalışmam süresince bana destek veren, çalışmanın düzenlenmesi, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesinde katkılarıyla beni yönlendiren ve destekleyen, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Duygu ALTIOK'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarımda bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Evren ALTIOK ve Yrd. Doç. Dr. Sibel KAHRAMAN'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarımda bana katkıda bulunan Yrd. Doç. Dr. Ayla ÜNVER ALÇAY, Arş. Gör. Beyza Burcu MARANGOZ ve Ceyhun KASAPOĞLU, Öğr. Gör. Aysun SAĞLAM ve Gülşen NAS'a; tez çalışmalarımda süresince beni destekleyip, sabır ve hoşgörüsünü esirgemeyen aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Haziran 2015

Ekin DİNÇEL (Öğr. Gör.)

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR .....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÖZET .....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2.ÇİKOLATA.....</b>	<b>3</b>
2.1.Dünya Ekonomisinde Çikolata .....	4
2.3. Çikolata Üretim Aşamaları .....	8
2.3.1. Karıştırma (Mixing).....	11
2.3.2. Ön öğütme .....	11
2.3.3. Öğütme .....	11
2.3.4. Konçlama.....	12
2.3.5. Temperleme .....	13
2.3.6. Kalıplama .....	14
2.3.7. Ambalajlama ve depolama .....	14
2.3.8.Çikolatada meydana gelen hatalar .....	15
2.4.Yağ Kusması .....	16
<b>3. ENKAPSÜLASYON.....</b>	<b>19</b>
3.1.Enkapsülasyon Çeşitleri .....	19
3.1.1.Nanoenkapsülasyon (200 nm=0.2 µm'den küçük).....	19

3.1.2. Makroenkapsülasyon (5 µm'den büyük) .....	21
3.1.3. Mikroenkapsülasyon (0.2-5 µm) .....	21
3.2. Mikroenkapsülasyon Teknikleri .....	24
3.2.1. Dondurarak kurutma .....	25
3.2.2. Akışkan yatak kaplama .....	26
3.2.3. Ekstrüzyon .....	26
3.2.4. Koaservasyon .....	27
3.2.5. Kokristalizasyon .....	27
3.2.6. Püskürtmeli Kurutma .....	28
<b>4. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>37</b>
4.1. Materyaller .....	37
4.2. Metod .....	37
4.2.1. Peynir altı suyu tozu karakterizasyonu .....	37
4.2.2. Kakao yağı karakterizasyonu .....	39
4.2.3. Püskürtmeli kurutma işlemi optimizasyonu .....	40
4.2.4. Kakao yağı içeren mikrokürelerin karakterizasyonu .....	42
4.2.5. Çikolata Üretimi .....	42
4.2.6. Çikolatada yapılan analizler .....	43
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>46</b>
5.1. Peynir Altı Suyu Tozu Karakterizasyonu .....	46
5.2. Kakao yağı Karakterizasyonu .....	47
5.3. Mikrokürelerin Karakterizasyonu .....	48
5.3.1. Parçacık boyutu .....	48
5.3.2. Mikrokürelerin yüzey morfolojisi .....	50
5.3.3. Mikrokürelerin nem tayini .....	52
5.4. Püskürtmeli Kurutma Verimi .....	54
5.5. Çikolatada Yapılan Analizler .....	60
5.5.1. Yağ kusması analizleri .....	60
5.5.2. Tekstür analizi .....	63
5.5.3. Duyusal analiz .....	65
<b>6. SONUÇ .....</b>	<b>71</b>

<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>73</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>78</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>85</b>



## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

$\mu\text{m}$	: Mikrometre
<b>BSA</b>	: Bovin Serum Albumin
<b>Cu SO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O</b>	: Bakır (II) Sülfat Penta Hidrat
<b>dak</b>	: Dakika
<b>DE</b>	: Dekstroz Eşitliği
<b>DSC</b>	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
<b>GA</b>	: Gam Arabik
<b>g</b>	: Gram
<b>K</b>	: Potasyum
<b>MD</b>	: Maltodekstrin
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>N-1</b>	: Kakao Yağı İçeren Mikroküre İle Üretilmiş Çikolata
<b>N-2</b>	: Kakao Yağı İlavesiyle Üretilmiş Çikolata
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>NaOH</b>	: Sodyum Hidroksit
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>PAS</b>	: Peynir Altı Suyu
<b>POP</b>	: 1,3-Dipalmitoyl-2-oleoylglycerol
<b>POS</b>	: 2- Oleoyl-1-palmitoyl-3-stearoylglycerol
<b>SEM</b>	: Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>SOS</b>	: 1,3- Distearoyl-2-oleoylglycerol
<b>SPI</b>	: Soya Proteini İzolatı
<b>SWAXS</b>	: Küçük ve Geniş Açılı X-Işını Saçılımı
<b>TGA</b>	: Termogravimetri
<b>WI</b>	: Beyazlık İndeksi
$\alpha$	: Alfa
$\beta$	: Beta
$\gamma$	: Gama

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Dünya Çikolatalı Mamuller Ticareti (Milyon \$).....	5
Çizelge 2.2 : Kakao Yağının Yağ Asidi Birleşimi Ve Miktarları .....	9
Çizelge 4.1 : GC Sıcaklık Programı.....	40
Çizelge 4.2 : Emülsiyon Kompozisyonları Ve Püskürtmeli Kurutma Koşulları.....	41
Çizelge 5.1 : Peynir Altı Suyu Tozu Analiz Sonuçları (%).....	46
Çizelge 5.2 : Kakao Yağının Yağ Asidi Bileşimi Ve Miktarları.....	48
Çizelge 5.3 : Elde Edilen Mikroküre Boyutları .....	49
Çizelge 5.4 : Farklı Emülsiyonlardan Elde Edilen Mükrokürelerin Parçacık Büyükülüğü .....	49
Çizelge 5.5 : Mikrokürelerin Nem Analiz Sonuçları .....	53
Çizelge 5.6 : Besleme Hızına Göre Püskürtmeli Kurutucunun Besleme Hızları, Sıcaklık ve Verim Değerleri.....	55
Çizelge 5.7 : Gözleme Dayalı Yağ Kusması Skala Değerleri .....	60
Çizelge 5.8 : Hızlandırılmış Yağ Kusması Testinde Gözleme Dayalı Skala Analizi Değerleri.....	61
Çizelge 5.9 : (N-2) Kakao Yağı İlavesiyle Üretilen Çikolatanın Oda Sıcaklığında Bakılan L*a*b Değerleri.....	63
Çizelge 5.10 : (N-1) Kakao Yağı İçeren Mikrokürelerle Üretilen Çikolatanın Oda Sıcaklığında Bakılan L*a*b Değerleri.....	63
Çizelge 5.11 : Numunelerin Gerilim-Direnç Değerleri.....	64
Çizelge 5.12 : Kişi Sayısına Göre Organoleptik Değerlendirme (N-1 İçin).....	65
Çizelge 5.13 : Kişi Sayısına Göre Organoleptik Değerlendirme (N-2 İçin).....	66
Çizelge 5.14 : N-1 İçin Anova Testi Sonucu.....	68
Çizelge 5.15 : N-2 İçin Anova Testi Sonucu.....	69
Çizelge A.1 : Çikolatada Kullanılan Yağlar ve Elde Edilen Kaynaklar .....	79
Çizelge D.1 : Çikolata İçin Duyusal Analiz Formu.....	82

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Dünya Çikolatalı Mamuller Ticareti (Milyon \$).....	5
Şekil 2.2 : Ülkeler İtibariyle 2001 Çikolatalı Mamuller İhracatı (%).....	6
Şekil 2.3 : Ülkeler İtibariyle 2001 Yılı Dünya yılı Dünya Çikolatalı Mamüller İthalatı (%).....	6
Şekil 2.4 : Çikolata Üretim Akış Şeması .....	10
Şekil 3.1 : Eş Yönlü Akım Kurutucusu .....	30
Şekil 3.2 : Ters Yönlü Akım Kurutucusu .....	30
Şekil 3.3 : Karışık Yönlü Akım Kurutucusu .....	31
Şekil 3.4 : Püskürtmeli Kurutucu Sisteminin Akış Şeması .....	32
Şekil 4.1 : Çikolatanın Kalıplanma Aşaması .....	43
Şekil 4.2 : Çikolata (a)Kakao Yağı İlavesiyle Üretilmiş; (b) Kakao Yağı İçeren Mikroküre İle Üretilmiş .....	43
Şekil 4.3 : Çikolatada Yağ Kusması Değerlendirme Skalası.....	44
Şekil 5.1 : Kakao Yağı Yağ Asidi Kromatogramı (1.deneme).....	47
Şekil 5.2 : Kakao Yağı Yağ Asidi Kromatogramı (2.deneme) .....	47
Şekil 5.3 : Mikrokürelerin SEM Görüntüleri.....	51
Şekil 5.4 : Besleme Hızının Püskürtmeli Kurutma Verimliliğine Etkisi.....	56
Şekil 5.5 : Sıcaklığın Püskürtmeli Kurutma Verimliliğine Etkisi.....	57
Şekil 5.6 : Gözleme Dayalı Yağ Kusması Analizi Değerlendirmesi .....	60
Şekil 5.7 : Hızlandırılmış Yağ Kusması Testinde Gözleme Dayalı Değerlendirme....	62
Şekil 5.8 : Numunelerin Gerilim- direnç grafikleri; N1: Mikroküre ile üretilen çikolata; N2: Kakao yağı ilaveli çikolata (T: 20 °C, 10N/4s) .....	64
Şekil 5.9 : N-1 için Duyusal Analiz Değerlendirme .....	65
Şekil 5.10 : N-2 için Duyusal Analiz Değerlendirme .....	66
Şekil B.1 : BSA ile Hazırlanan Kalibrasyon Eğrisi .....	80
Şekil C.1 : Püskürtmeli Kurutma Optimizasyon Grafiği.....	81

## KAKAO YAĞI ENKAPSÜLASYONUNUN ÇİKOLATADA YAĞ KUSMASINA ETKİSİNİNİN İNCELENMESİ

### ÖZET

Yağ kusması endüstriyel çikolata üretiminde en önemli kalite kusurlarından biridir. Bu çalışmada yağ kusması problemini önlemek amacıyla, kakao yağının peynir altı suyu tozu ve maltodekstrin ile püskürtmeli kurutma işlemiyle enkapsülasyonu ve kakao yağı içeren mikrokürelerin çikolata üretiminde kullanılmasıyla elde edilen çikolatanın duyuşsal özelliklerinin belirlenmesi ve yağ kusmasının değerlendirilmesi üzerine çalışılmıştır. Püskürtmeli kurutma işlemi optimizasyonunda mikroküre üretiminde farklı konsantrasyonlarda peyniraltı suyu, kakao yağı, maltodekstrin ve lesitin kullanılarak farklı emülsiyonlar oluşturulmuştur. Oluşturulan emülsiyonlar 160 °C-190 °C arasında değişen sıcaklıklarda ve 16,66 ml/dak-25 ml/dak arasında değişen besleme hızıyla sisteme verilerek kurutulmuştur. Püskürtmeli kurutma verimi her kurutma işlemi için hesaplanmış ve elde edilen mikrokürelerin karakterizasyonu yapılmıştır. Elde edilen mikrokürelerin yüzey morfolojisi ve aglomerasyonu taramalı elektron mikroskopuyla incelenmiş ve mikrokürelerin nem analizi yapılmıştır. Verimin yüksek olduğu ve mikrokürelerin morfolojisi özelliklerinin en iyi olduğu kurutma koşulu ve emülsiyon kompozisyonu seçilmiştir ve bu şartlarda elde edilen kakao yağı içeren mikroküreler çikolata üretiminde kullanılmıştır. Çikolata üretimi için kakao yağı içeren en uygun mikroküreler %10 peyniraltı suyu ve % 40 maltodekstrin içeren emülsiyonun, 25 ml/dak besleme hızıyla püskürtmeli kurutucuya verilerek 190 °C’de kurutulduğu koşulda yüksek verimlilikle elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda kakao yağı içeren mikrokürelerin nem miktarının %2,12-4,52 arasında değiştiği ve parçacık boyutlarının ise yaklaşık olarak 3,14 µm olduğu belirlenmiştir. Geleneksel çikolata üretim prosedürü izlenerek serbest kakao yağı ile ve buna alternatif olarak kakao yağı içeren mikroküreler kullanılarak iki farklı çikolata üretilmiştir. Üretilen bu çikolata numunelerinde renk analizi, duyuşsal analiz ve tekstür analizi yapılmıştır. Ayrıca lesitinsiz olarak üretilen diğer bir çikolatayla birlikte bu üç çikolata numunesinde gözlemsel yağ kusması ve hızlandırılmış yağ kusması analizleri yapılmış, lesitin ve mikroenkapsülasyonun yağ kusmasına etkisi incelenmiştir. Çikolatalarda yapılan gözleme dayalı yağ kusması ve hızlandırılmış yağ kusması analizi sonucunda kakao yağı içeren mikrokürelerle (N-1) elde edilen çikolata numunelerinin yağ kusması değerlerinin kakao yağı ilaveli çikolata (N-2) görüntüsüne çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Lesitinsiz üretilen çikolatanın ise yağ kusması değerinin diğer iki numuneye (N-1 ve N-2) göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Renk analizi sonucunda ise N-2’in beyazlık indeksinin N-1’e göre daha fazla olduğu görülmüştür. Kakao yağı içeren mikroküre ile üretilen çikolatanın duyuşsal özelliklerinin, kakao yağı ilavesi ile üretilen çikolataya göre çok fazla değişmediği halde kakao yağı mikroenkapsülasyonunun yağ kusmasının engellenmesinde etkili bir yöntem olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikroenkapsülasyon, Yağ kusması, Çikolata, Püskürtmeli kurutma

## **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COCOA BUTTER ENCAPSULATION ON FAT BLOOMING IN CHOCOLATE**

### **ABSTRACT**

Fat blooming is one of the most important quality defects in industrial chocolate manufacturing. In this study, it was aimed to prevent fat blooming by cacao butter encapsulation with whey powder and maltodextrin by spray drying and use of cacao butter incorporated microspheres in chocolate production. The sensory properties of chocolate produced with microspheres were determined and fat blooming was tested. In the optimization of spray drying, different emulsions were obtained by changing the concentrations of whey, cacao butter maltodextrin and lecithin. Emulsions were spray dried at 160°C-190°C by feeding in the range of 16.66 -25 mL / min. For each spray drying run, drying rate was calculated and resulting microspheres were characterized. The surface morphology and agglomeration of microspheres were analyzed by scanning electron microscopy and moisture analysis of the microspheres were made. The drying condition and emulsion composition which were resulted by the highest yield and best microsphere morphology were selected and the microspheres obtained in this condition were used in the chocolate production. Optimal microspheres were obtained by feeding emulsion containing 10% whey and 40% maltodextrin at 25 mL/min feed rate and drying at 190°C. The moisture of microspheres were in the range of 2.12-4.52% and the average particle size was approximately 3.14µm. According to traditional chocolate manufacturing procedure, two different chocolate were produced as one with free cacao butter whereas the other one includes cacao butter microspheres. These chocolates were evaluated in terms of color, sensory quality and texture. In addition, observational and accelerated fat bloom analysis were made in three different chocolate with lecithin, microsphere containing and lecithin free samples. The results showed that chocolate samples with microspheres (N- 1) have similar observational values to cocoa butter added chocolate (N-2). Free lecithin chocolate has lower fat bloom value than the other two samples. The whiteness index of N-2 was found higher than N-1. Although there is no significant differences between N-1 and N-2 in terms of sensory properties, microencapsulation of cocoa butter can be an effective method for preventing fat bloom problem. It was revealed that the chocolate production by using cacao butter incorporated microspheres could be an effective method in the prevention of fat blooming in chocolate.

**Key words:** *Microencapsulation, Fat Bloom, Chocolate, Spray dryer*

## 1.GİRİŞ

Çikolata üretiminde en çok karşılaşılan problemlerden biri kakao yağının ortam şartlarından dolayı yüzeye çıkmasıyla “yağ kusması” denilen olayın meydana gelmesidir. Bu durumun kakao yağının 6 farklı formdan oluştuğu ve bu formların özellikle sıcağa karşı dirençlerinin farklı olduğundan kaynaklandığı gözlemlenmiştir (Hodge ve Rousseau, 2002). Uygun depolama koşulları sağlanmadığı durumlarda çikolatada yağ kusması sektördeki en büyük problem olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürlerde kakao yağının özelliklerinin incelenmesi, kristal yapısı ve kristal yapıdaki değişimin engellenmesiyle yağ kusmasının engellenmesi üzerine bazı çalışmalar vardır fakat mikroenkapsülasyon tekniğiyle elde edilen kakao yağı mikrokapsüllerinin çikolataya ilave edilerek çikolatadaki bu sorunun ortadan kaldırılması üzerine herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu tezde kakao yağının çikolata içerisindeki sıcaklıktan kaynaklı yağ kusması problemini önlemek amacıyla, püskürtmeli kurutucuyu kakao yağının kaplama materyali ile (peynir altı suyu tozu ve maltodekstrin) enkapsülasyonunun yapılması ve kakao yağının mikrokürelere hapsedilerek çikolata yüzeyine çıkmasının engellenmesi amaçlanmıştır. Püskürtmeli kurutmada mikroküre üretimi için PAS/kakao yağı, PAS/kakao yağı/lesitin, PAS/kakao yağı maltodekstrinin farklı kombinasyonlarda hazırlanan emülsiyonlarıyla çalışılmıştır. Bunun yanında püskürtmeli kurutma koşullarının optimizasyonu ve püskürtmeli kurutma verimliliğinin artırılması üzerine çalışılmıştır. Püskürtmeli kurutma verimi her kurutma işlemi için hesaplanmış ve elde edilen mikrokürelerin karakterizasyonu yapılmıştır. Elde edilen mikrokürelerin yüzey morfolojisi ve aglomerasyonu taramalı elektron mikroskopuyla incelenmiş ve mikrokürelerin nem analizi yapılmıştır. Verimin yüksek olduğu ve mikrokürelerin morfolojisinin en iyi olduğu kurutma koşulu ve emülsiyon kompozisyonu seçilmiş ve bu şartlarda elde edilen kakao yağı içeren mikroküreler çikolata üretiminde kullanılmıştır.

Geleneksel ikolata üretim prosedürü izlenerek serbest kakao yağı ile ve buna alternatif olarak kakao yağı içeren mikroküreler kullanılarak iki farklı çikolata üretilmiştir. Üretilen bu çikolata numunelerinde renk analizi, duysal analiz ve tekstür analizi yapılmıştır. Ayrıca lesitinsiz olarak üretilen diğer bir çikolatayla birlikte bu üç çikolata numunesinde gözlemsel yağ kusması ve hızlandırılmış yağ kusması analizleri yapılmış, lesitin ve mikroenkapsülasyonun yağ kusmasına etkisi incelenmiştir.

## 2.ÇİKOLATA

Yaklaşık 11,2 milyon ton kadar olan şekerli ve çikolatalı mamuller Dünyada önemli bir yere sahiptir. Dünya üretiminin çok büyük bir kısmını gelişmiş ülkelerdeki büyük üreticiler gerçekleştirmekte olup, toplam dünya üretiminin yaklaşık %46'sı 8 firma tarafından gerçekleştirilmektedir. 2002 yılı verilerine göre Dünyada 2,5 milyon ton üretilen kakao, çikolatanın ham maddesidir. Diğer ülkelerle kıyaslandığında, 2002 yılında Almanya'da 500.000 ton, Türkiye'de ise yaklaşık 400.000 ton çikolata ve türevleri elde edilmiştir.

Çikolata sektörü; en önemli, en hızlı gelişen sanayilerden birisidir. 1980'lerden itibaren İkinci Dünya Savaşı zamanında hızla ilerleyen en önemli sanayi kollarından biri olan çikolatacılıkta ulaşılan noktanın dünya ile hemen hemen aynı düzeyde olduğu bilinmektedir. Türk insanının, çikolata ile tanışması Osmanlı zamanında saray etrafında içecek olarak başlamıştır. O zamanlar tablet şeklinde yurt dışından getirilen çikolata, saray ve çevresinin en beğenilen içeceklerinden biri haline dönüşmüştür. Atatürk'ün isteği doğrultusunda, Türkiye'de çikolatanın yaygınlaştığı bilinmektedir. Ülkemize ziyaret amacıyla gelen yabancılar, alıştıkları yiyecek ve içeceklerinden olan çikolatayı Türkiye'de de bulmak istemişler, böylelikle Atatürk, Avusturya ve İsviçre'den çikolatalar getirtmiştir. Bu doğrultuda Cumhuriyetten sonra kurulan çikolata atölyeleri, 1950'den sonra yerlerini fabrikalara bırakmışlardır. Günümüzde hala üretilen ve satışa sunulan damak çikolatasına o yıllarda Taksim'de de rastlamak mümkünmüş (Url-1, 2003).

Kakao; Batı Afrika, Güney Amerika ve Batı Hint adaları gibi tropikal bölgelerde yetişebilen kakao ağacından elde edilmektedir. Kakao ağaçlarının yılda iki kez ürün verdiği bilinmektedir. Kakao çekirdeğinin kakao ağacında yumurta görünümündeki kakao tohumları içerisinde bulunduğu bilinmektedir (Ünal, 2011).

Çikolata kendine özgü tadı, aroması ve yapısı olan, aynı zamanda polifenoller gibi biyoaktif bileşikler içeren bir üründür. Çikolatanın içermiş olduğu polifenoller nedeniyle insan sağlığı üzerinde, özellikle de kalp sağlığı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür (Rimbach ve diğ., 2009).



## 2.1.Dünya Ekonomisinde Çikolata

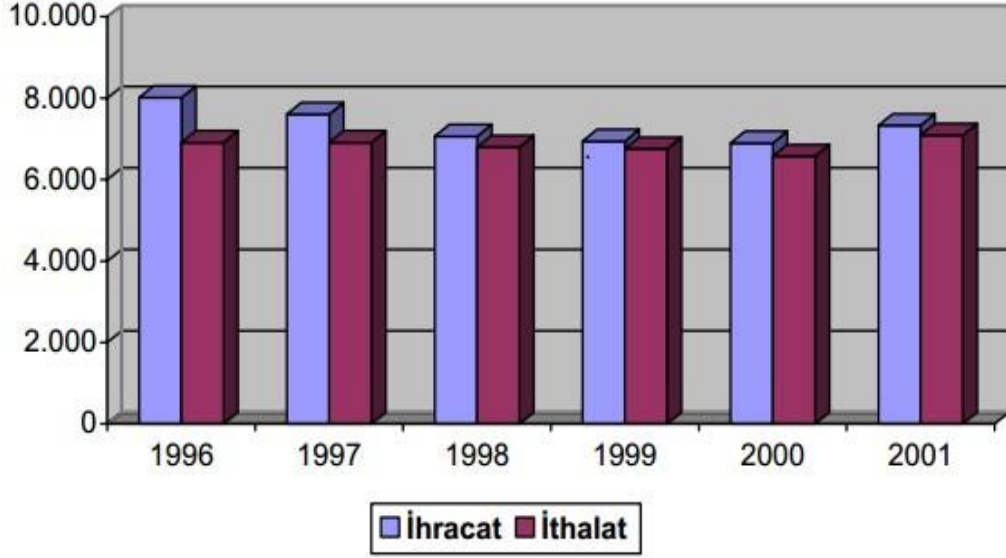
Yaklaşık 6 milyon tonluk tüketim hacmi ve 54 milyar dolarlık cirosu ile önemli bir pazara sahip olan çikolata; dünyadaki en büyük ve en önemli gıda pazarlarından biri haline dönüşmüştür (Çizelge 2.1). Gelir seviyesi yüksek ülkelerde kişi başına tüketilen çikolatalı mamuller de yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Çikolata tüketimi kişi başına yıllık İsviçre’de 11,5, İngiltere’de 9,9, Fransa’da 7,5, ABD’de 5,9, Rusya’da 2,4 kilogramdır. Çikolatanın dünya üzerindeki tüketimi göz önüne alındığında yükselişler görülmekle birlikte bu artışların devam edeceği de düşünülmektedir.

**Çizelge 2.1 : Dünya Çikolatalı Mamuller Ticareti (Milyon \$)**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
İhracat	8.012	7.606	7.066	6.943	6.898	7.327
İthalat	6.913	6.914	6.798	6.757	6.575	7.091

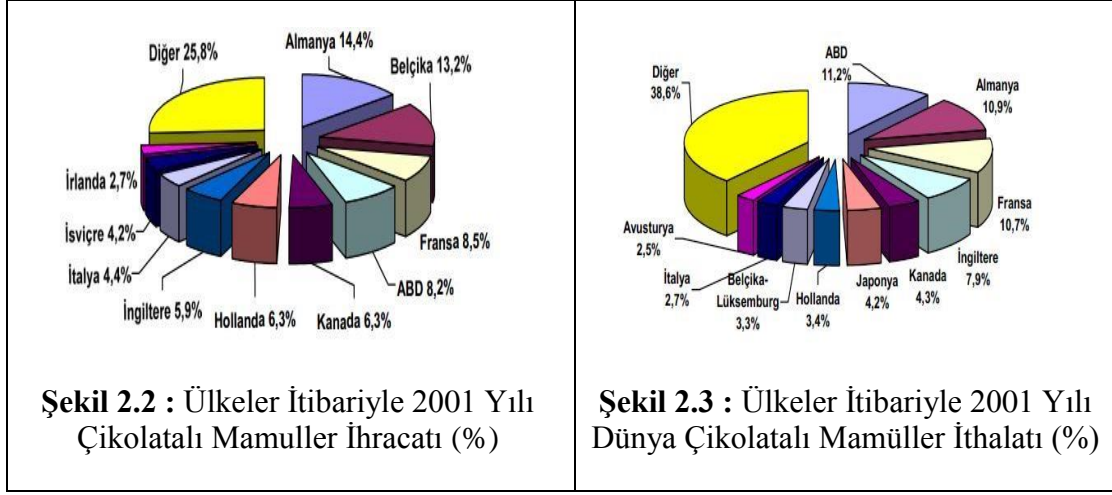
ABD’de nüfusun %30’dan fazlasının, Yunanistan, Arjantin, İngiltere ve Paraguay’da %20 - 30 arasının, Rusya, Almanya, Brezilya, Güney Afrika ve İsrail’de %10 - 20’si obez olarak tanımlandığı bilinmektedir. Çikolatanın da diğer zararlı ürünler gibi kilo aldırıcı düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bu nedenle üreticiler, tatlandırıcı ile diyabetik çikolata üretimini önemsemektedirler. Ülkemizde diyabetik çikolata üretimi şu ana kadar hiç olmamıştır. Bunun için de piyasada fazla sayıda firma yoktur. Dışarıdan ithal edilen diyabetik çikolata tüketim rakamları tam olarak bilinmemekle birlikte düşük rakamlarda kaldığı düşünülmektedir. Türkiye’de çikolata pazarını engelleyen en önemli etken şeker hastalarının çokluğu ve gelir seviyesidir.

Çikolata üretimi mevsimlere göre dalgalanma göstermektedir. Kışın çikolatanın tüketimi fazla olmasına rağmen, yazın tüketim azdır. Diğer gıda ürünlerinde yazın tüketim artarken, çikolatada tüketim azalmaktadır.



**Şekil 2.1 : Dünya Çikolatalı Mamuller Ticareti (Milyon \$)**

Genel olarak bakıldığında; ihracatın ithalatla yakın oranlarda gözükmesine rağmen, ihracatın ithalattan fazla olduğu ve bu oranın %3-5 olduğu bilinmektedir (Şekil2.1). 2000 yılına kadar ani ve hızlı bir azalış göstererek, 2000 yılında 1996 yılına göre %14'lük bir düşüş ile son 6 yıl içindeki en alt seviyesine ulaşan dünya çikolata mamuller ihracatı, 2001 yılında bu defa 2000 yılına göre %6 artarak 7 milyar 327 milyon \$ civarına yaklaşmıştır. Aynı şekilde ithalat da 2000 yılına kadar düşük seviyelere ulaşmış, 2001 yılında 2000 yılına göre %7,9'luk bir artışla 7 milyar \$ seviyesine gelmiştir. Yine 2001 yılı araştırmalarına göre, Avrupa Birliği ülkelerinden Almanya, Dünya çikolata ihracatında %14 pay ile ilk sırada yer almakta, bunu sırasıyla %13 ile Belçika-Lüksemburg, %8 ile Fransa takip etmektedir (Şekil 2.2). ABD, Fransa, Almanya ve İngiltere ise dünya çikolatalı mamuller ithalatının yaklaşık %41'ini oluşturmaktadır ve bu sırayı %11,7'lik pay ile ABD, %10,9 ile Almanya, %10,8 ile Fransa ve daha sonra %7,9 ile İngiltere izlemektedir (Şekil 2.3).



## 2.2.Çikolata Ürünleri ve Mevzuatı

Türk gıda kodeksimize göre çikolata şöyle tanımlanmaktadır: Kakao ürünleri ile şeker ve/veya tatlandırıcı; gerekli olduğu hallerde süt yağı dışındaki hayvansal yağlar hariç olmak üzere diğer gıda bileşenleri ile süt ve/veya süt ürünleri ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde izin verilen katkı ve/veya aroma maddelerinin ilavesi ile üretim yöntemine göre uygun şekilde hazırlanan ürünü açıklamaktadır (Çikolata Ve Çikolata Ürünleri Tebliğ No: 2003/23).

Kodeksimizde belirtilen tanımda yer alan katkı maddelerinde biri de yağdır ve çikolatadan kullanılan yağlar ve elde edildikleri kaynaklar EK A'da verilmektedir.

Aynı tebliğde ilgili ürünler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

**Toz Çikolata (Çikolata tozu):** Kakao tozu ile şekerin karıştırılması sonucu oluşturulan, kuru maddede kütlece en az %32 kakao tozu içeren ürünü tanımlamaktadır.

**Sıvı Çikolata (İçilebilir çikolata):** En az % 25 kakao tozu içinde kuru maddede en az % 20 kakao yağı içerecek şekilde, kakao tozu-şeker karışımını ifade etmektedir.

**Yağı Azaltılmış İçilebilir Çikolata:** En az % 25 kakao tozunda, kuru maddede en fazla %20 kakao yağını barındıran, kakao tozu - şeker karışımıdır.

**Bitter Çikolata:** En az % 35 toplam kakao kuru madde içeren, bileşiminde ise en az %18 kakao yağı ve en az % 14 yağsız kakao kuru maddesi olacak şekilde hazırlanan çikolatadır.

**Granül Veya Pul Bitter Çikolata:** En az %32'lik toplam kakao kuru maddesi olan, bileşiminde ise en az %12 kakao yağıyla birlikte en az % 14 yağsız kakao kuru maddesi içeren çikolatadır.

**Kuvertür Bitter Çikolata:** En az %35 toplam kuru madde oranı içinde en az %31 kakao yağı ve en az % 2,5 yağsız kakao kuru maddesi olan çikolatadır.

**Fındık Ezmeli Bitter Çikolata:** Bileşiminde en az % 8 yağsız kakao kuru maddesi ile birlikte en az %32 toplam kakao kuru maddesi olan çikolataya % 20-40 arasında ince öğütülmüş fındık ya da fındık püresi ilavesi edilmesiyle oluşan çikolatadır.

**Sütlü Çikolata:** Bileşiminde en az %25 kakao kuru maddesi içeren ve bunun en az %2,5 yağsız kakao kuru maddesi olan bir de en az %14 süt kuru maddesi ve en az %3,5 süt yağından oluşan, kakao yağı ve süt yağı toplam oranı ise en az %25 olan, çikolatadır.

**Granül Veya Pul Sütlü Çikolata:** Bileşiminde en az % 20 toplam kakao kuru maddesi ve %12 süt kuru maddesi içeren, kakao yağı ve süt yağı toplam miktarı en az %12 olan çikolatadır.

**Kuvertür Sütlü Çikolata:** Bileşiminde en az % 2,5 yağsız kakao kuru maddesi olacak şekilde en az % 25 toplam kakao kuru maddesi içeren, kakao yağı ve süt yağı toplam miktarının en az %31 olan çikolatadır.

**Fındık Ezmeli Sütlü Çikolata:** %15-40 arasında ince öğütülmüş fındık veya fındık püresi ilavesi ile elde edilen çikolataya, en az % 10 oranında süt kuru maddesi olacak eklenerek üretilen sütlü çikolataya denir.

**Bol Sütlü Çikolata:** En az %5 süt yağı içeren bileşiminde ise en az % 20 toplam kakao kuru maddesi, en az %2,5 yağsız kakao kuru maddesi, en az %20 süt kuru maddesi, kakao yağı ve süt yağının toplam miktarı en az %25 olan çikolatadır.

**Kremalı Çikolata:** Bileşiminde en az %5,5 süt yağı içeren sütlü çikolatadır.

**Yağsız Sütlü Çikolata:** Bileşiminde en fazla %1 süt yağı içeren sütlü çikolatadır.

**Beyaz Çikolata:** Bileşiminde en az %20 kakao yağı ve en az %14 süt kuru maddesi içeren ve en az %3,5'i süt yağı olan çikolatadır.

**Dolgulu Çikolata:** Dış kısmı toplam ürün ağırlığının en az % 25'i olacak şekilde bitter çikolata, sütlü çikolata, bol sütlü çikolata ve beyaz çikolatalardan birinden oluşan dolgulu çikolatadır.

**Pralin:** Toplam ürün ağırlığının en az % 25 i bitter çikolata, sütlü çikolata, bol sütlü çikolata, beyaz çikolataların birleşiminden, karışımından veya herhangi birinden ya da dolgulu çikolatadan oluşan ideal boyutlarda olan çikolatadır (Url-2, 2003).

### 2.3. Çikolata Üretim Aşamaları

Kakao taneleri *Theobroma cacao* ağacı için en verimli topraklar olan Batı Afrika, Batı Hint adaları ve Güney Amerika'da yetişmektedir. Hasat zamanına gelen tohumların çikolata üretimi için kullanıldığı bilinmektedir.

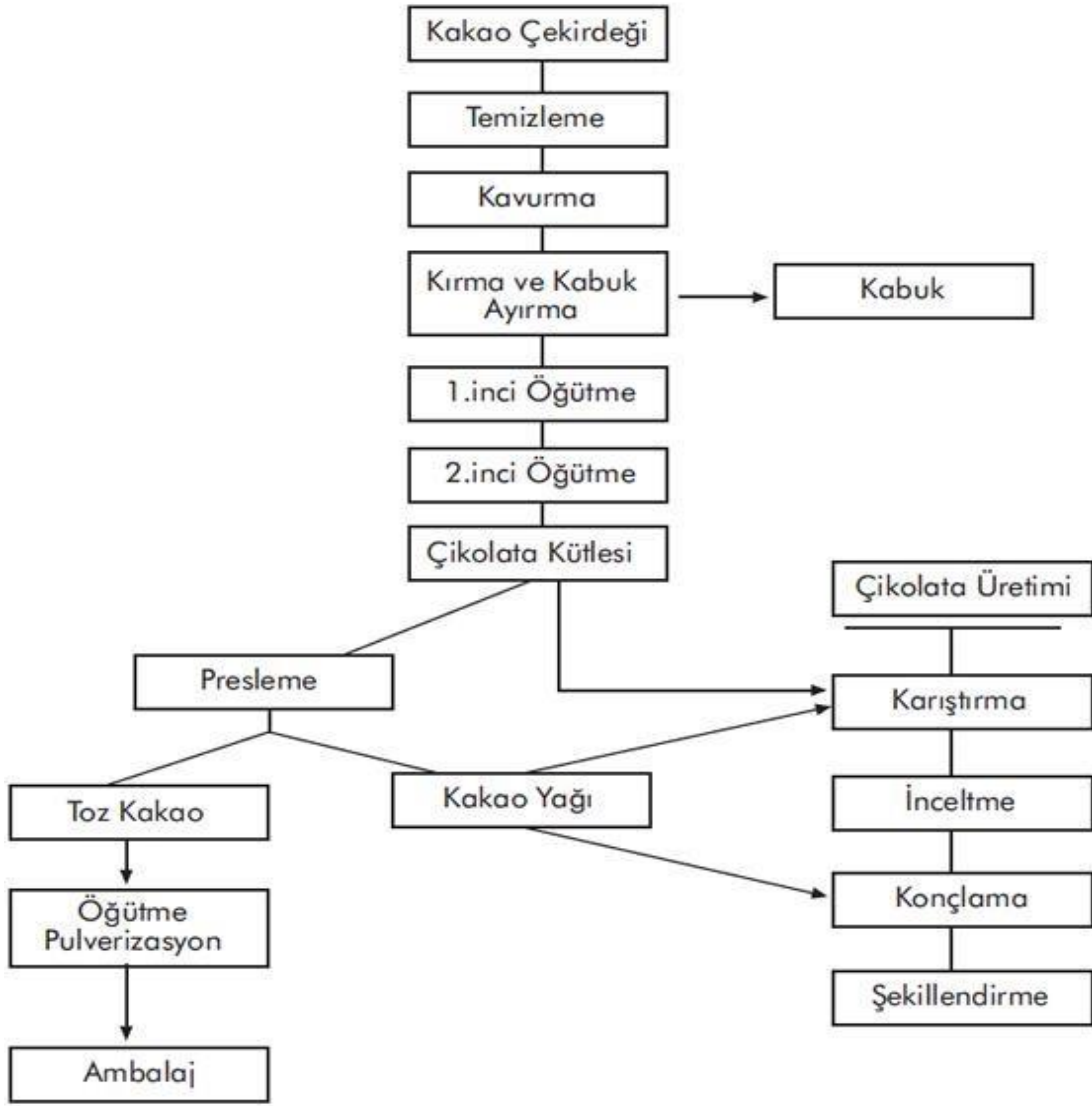
Hasattan sonra yapılan mayalama ve kurutma aşamalarını modern üretim işleminin takip ettiği üretim tekniklerinin açıklamasıyla birlikte anlaşılmaktadır. Kakao çekirdekleri temizlendikten sonra kavrulur ve kabuklarından ayrıldıktan sonra öğütme işlemine geçilir. Öğütmeden sonra elde edilen ürün kakao kitesidir. Kakao kitesi preslenerek kakao tozu ve kakao yağı olarak ayrılır (Url-3, 2001).

Kakao yağı sarı renkli bir yağ olup, kakao bitkisinin (*Theobroma cacao*) kakao çekirdeğinden elde edildiği bilinmektedir ve bu yağ; gıda, ilaç ve kozmetik alanında da oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, kompozisyon ve kristalleşme davranışının diğer bitkisel yağlardan farklı olduğu kanıtlanmıştır (Shekarchizadeh ve diğ., 2009). Çikolatanın potansiyel antioksidan olduğu ve hatta şaraba göre daha yüksek antioksidan etkinliğinin olduğu üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiş olup; fitokimyasal maddelerce zengin, güçlü anti-enflamatuar aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır (Jiyoung, ve Lee, 2011).

**Çizelge 2.2 : Kakao Yağının Yağ Asidi Bileşimi Ve Miktarları**

<b>Yağ Asidi</b>	<b>Miktar(%)</b>
Palmitik asit	25,2-35,1
Stearik asit	30,2-35,2
Oleik asit	38,0
Linoleik asit	2,1-2,2

Çikolata liköründen elde edilen kakao yağı, bitkisel kaynaklı olmasına rağmen katıdır. Çizelge 2.2' de belirtilen bu yağ asitlerinin gliserin ile esterleşme reaksiyonu ile oluşan bu yağ polimorfik bir yağdır. Bu nedenle erime noktası yaklaşık olarak 28-36 °C arasında değişmektedir. Yumuşama noktası ve berraklaşma noktası olmak üzere erime noktasını kakao yağı için ikiye ayırmak mümkündür. Yumuşama noktası 23-24,5 °C, berrak erime noktası ise 32,5-34,5 °C'dir. Kakao yağı farklı erime noktalarından dolayı üç farklı kristal forma sahiptir. Bunlar  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  formlarıdır. Beta ile gama formları arasında  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  ve  $\beta_3$  olmak üzere üç geçiş kristal formu vardır. Bu geçiş formları ile beraber kristal yapı sayısı altı olur.  $\alpha$  formu 21-24 °C'de,  $\beta$  formu 34-35 °C'de,  $\beta_1$  formu 27-29 °C'de,  $\gamma$  formu 16-18 °C'de erimektedir. Kristal formları arasında en kararlı olanı  $\beta$  formu olduğu bilinmektedir. Kakao yağının bu formlardaki sıcaklık dalgalanmaları depolama esnasında ürünün kalitesinde sorun yaratmaktadır. Bu nedenle özellikle üretimde temperleme adı verilen işlem bu dalgalanmaların önüne geçmektedir. Çikolata üretiminde kullanılacak çikolata kütlesi, şeker, çikolata yağı, gerekli ise süt hazırlandıktan sonra karıştırılarak ve inceltilerek konç adı verilen makinalara iletilmektedir bu makinalarla karışıma daha sonra tat ve koku geliştirme maddeleri ve emülgatörler eklenmektedir. Sonra ise şekillendirme aşaması için çikolata soğutulurak ambalajlanmaktadır (Şekil2.4).



Şekil 2.4 : Çikolata Üretim Akış Şeması

Geliştirilen bir yöntem olan SWAXS, kakao yağının polimorf yapılarının incelenmesinde önemlidir. Farklı sıcaklık, basınç gibi dış etmenlerin ve farklı kimyasal reaksiyonların sonucunda yapıdaki değişimler yine bu yöntem ile gözlemlenebilmektedir. İngiltere, Fransa ve İtalya'daki araştırma enstitüleri çikolata ve kakao yağı üzerine çalışmalar kaydetmeye devam etmektedirler. Bu amaçla yapılan bir çalışmada, katı fazda kakao yağında bulunan doymamış trigliseritler olan, 1,3-dipalmitoyl-2-oleoylglycerol (POP), 2- Oleoyl-1-palmitoyl-3stearoylglycerol (POS) ve 1,3- Distearoyl-2-oleoylglycerol (SOS) yapıları incelenmiş ve yağın çikolata içindeki homojen yapıyı terk etmesi ile birlikte, istenmeyen görüntünün ortadan kaldırılması üzerine araştırma yapmışlardır (Penchar ve diğ., 2004).

### **2.3.1. Karıştırma (Mixing)**

Çikolata üretimi yapılacak olan fabrikalarda genel olarak karıştırma işlemi için tank üzerinde bulunan fotosel yardımıyla dozaj tankındaki malzeme miktarı, tespit edilir. Miktar, belirlenmiş sınır değerde değilse eğer istenilen seviyeyi yakalamak için iletimi sağlayan kanallar açılarak hammadde dozaj tankına ilave edilir. Dozaj tankı istenilen seviyeye geldiğinde yağ dolumunu otomatik olarak sistem tarafından durdurmaktadır. Üretimin gerekli karışım miktarları reçetede belirtildiği gibi olup, depo sorumlusu hammadde ve malzemeyi taşıma bantları ile operatöre bildirir. Operatör gelen malzemeyi melanjöre aktarır. İstenilen seviyedeki yağ melanjöre verildiğinde yağ boşaltımı kendiliğinden durur. Melanjör 20 dak çalıştıktan sonra kapatılmaktadır. Taşıma kazanı melanjörün altına alınır ve melanjörün alt kapağı açılır. Hamur taşıma kazanına aktarma yapılır. Taşıma kazanı silindire ulaştırılır. İşlem reçetede verilen bileşenlerin karıştırılmasıyla başlamaktadır. Bazı fabrikalarda ise otomatik olarak tartıldıktan sonra karıştırıcıya aktarılır.

### **2.3.2. Ön öğütme**

İkili silindirlerde ön öğütme gerçekleşir. Bu aşamada şeker kristalleri, lifli kakao likörü ve süt tozundaki katı partiküllerin boyutu yaklaşık 200-250 µm'ye kadar azaltılır. Kek kıvamındaki karışım konveyör vasıtasıyla beşli silindir haznesine gelir.

### **2.3.3. Öğütme**

Yaklaşık 18-20 µm boyutuna inceltile karışımın inceltilesindeki asıl etken beşli silindirde, silindirlerin arasındaki hız, sıcaklık ve basınç farkının oluşmasıdır.



Silindirlerin arasındaki mesafeden istenilen incelikteki miktar ayarlanarak sağlanmaktadır. Toz haline dönüşen karışım konveyör vasıtasıyla konçlara ulaştırılır. Üretimde bu basamak en önemli aşamalardan birisidir. Çünkü öğütme ne kadar etkili olursa, çikolatanın da lezzetinin o kadar iyi olduğu bilinmektedir.

#### **2.3.4. Konçlama**

Karıştırma ve öğütme aşamalarından sonra çikolata karışımı konçlara gelir. Konçlamanın asıl anlamı yüksek sıcaklıkta çok şiddetli karıştırma, dövmedir. Bu aşamada istenilen inceliğe sahip çikolata karışımı karıştırılır, dövülür ve havalandırılır. Bunun sonucunda fazla nem ve kakao çekirdeklerinin fermantasyonu ile birlikte uçucu asitler, ketonlar ile aldehitler buharlaştırılıp uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca istenmeyen kokular da uzaklaştırılır. Çikolatanın tadı zenginleşerek “ağızda eriyen” kıvama ulaştığı andan itibaren karışım daha homojen bir hal almaktadır. Konçlama diğer aşamalara göre çok daha uzun bir süreçtir. Sütlü çikolata, yaklaşık olarak 14 saat konçlama prosesine tabi tutulur. Uygulanması gereken sıcaklık ise değişmektedir. Genellikle sütlü çikolatada 60 °C’de, bitter çikolatada ise 80 °C’de konçlama sıcaklığı uygulanmaktadır. Lesitin ilavesi, konçlama işleminde istenilen viskoziteyi sağlamak ve uygun kalıplanmayı sağlamak amacıyla önemlidir. Lesitin, partiküller üzerinde monomoleküler bir tabaka oluşturarak viskoziteyi azalttığı bilinmektedir. İstenilen çikolata akışkanlığına sahip çikolata karışımı için lesitin miktarı önemlidir. Bunun dışında aromayı arttırmak amacıyla genellikle vanilya da çikolata karışımına eklenmektedir. Konçlama işlemi de sona eren homojen haldeki sıvı çikolata dinlendirilmek ve depolanmak üzere 45 °C sıcaklıktaki tanklara sevk edilir.

#### **Konçlama işleminin yapılmasında amaçları genel olarak sıralayacak olursak;**

- Nemin düşürülmesi
- İstenmeyen kokuların uzaklaştırılması
- Uçucu asitlerin ortamdan ayrılmasının sağlanması
- İstenen seviyedeki aromanın sağlanması
- Topaklanmanın önlenmesi
- Partiküllerin yağ ile kaplanması
- Viskozitenin istenilen düzeye ayarlanmasıdır.

### 2.3.5. Temperleme

Çikolatanın, kalıplanma aşamasından önce en önemli diyebileceğimiz basamak temperleme aşamasıdır. Buradaki asıl hedef stabil bir kristal yapının oluşturulması, bu yapıyı koruyabilmesidir. Çikolatanın 33 °C (kakao yağının en yüksek erime noktalı tipi kristallerinin erime noktası)'den 28–29 °C'ye kadar soğutulması ve sonra 32 °C'ye yeniden ısıtılması, kararlı bir çekirdek yapısının oluşması için ihtiyaçtır. Kakao yağı 6 polimorfik yapıdan oluşmaktadır. En çok bilinenleri  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\beta'$  'dür.  $\beta$ V formu iyi temperlenmiş çikolatada parlak görünüm vermek, iyi kırılma özelliği sağlayıp sağlam yapı oluşturmak ve yağ göçü direncini arttırmak adına en çok istenen formdur. Bu formu ayarlamak amacıyla temperleme aşamasının iyi anlaşılması, istenilen özelliklerin iyi kazandırılmış olması gereklidir. Eğer çikolata iyi temperlenmemişse  $\beta$ VI formu oluşmaktadır bu form da daha sonra  $\beta$ V formunu oluşturmaktadır. Bu form rengi olumsuz yönde etkilemekte birlikte düzensiz kristal yapı oluşumu ile birlikte karışık açık renk yansımalarına neden olmaktadır. Temperlenmemiş ya da iyi temperlenmemiş çikolata yumuşak olmakta ve etkili olarak da kalıplanmamaktadır. Kakao yağında V ve VI formlar genellikle kararlı formlardır. Uzun süre depolanan, temperlenen çikolata yağ göçü ile birlikte form kazansa da form VI' yı meydana getirmek güçtür. Bununla beraber form VI yüksek erime sıcaklığına sahiptir (36 °C), kristal boyutu büyük ve ağızda hissedilebilir kumsu yapının sorumlusudur. Form I değişken formdur, erime noktası 17 °C ve hızlı bir şekilde Form II' yi oluşturmaktadır, form II yavaşça form III'ü ve form IV'ü dönüştürmektedir. Küçük miktardaki trigliseridlerin ön kristalizasyon aşaması olan temperlemede, kristallerin %1-3'ü yağın doğru formu kazanması için çekirdek formuna dönüşmektedir. Temperlemede en dikkat edilmesi gereken aşamalar ise erimenin tamamlanması (50 °C), kristalizasyon noktasına soğutma (32 °C), kristalizasyon (27 °C), stabil olmayan kristallerin stabil forma dönüşümü (29 - 31 °C)'dür.

Aşağıdaki özelliklere sahip olan çikolataya iyi temperlenme uygulanmış demektir:

- İyi görünüş ve renk
- Belirgin parlaklık
- Kalıpta büzülme
- Stabil ağırlık kontrolü
- Kararlı ürün
- Sertlik ve yüksek ısıya karşı direnç (paketleme boyunca azalmış parmak izi)
- Uzun depolama süresi

### **2.3.6. Kalıplama**

İyi temperlenen çikolata kalıp haline getirilmek üzere depozitöre gelir. Depozitörden yaklaşık 32 °C'de çıkan sıvı çikolata 27-28 °C'ye ısıtılmış olan arzu edilen boyut ve şekillerdeki kalıplara özel başlıklar vasıtasıyla boşaltılır. Çikolatanın kalıplara tam olarak yerleşmesi amacıyla sıvı çikolata, vibrasyon işlemine tabi tutulur ve 10-12 °C'deki soğutma tüneline girer. Soğutma tüneline çikolata istenilen kalıp şeklini almış olarak çıkar. Soğutma tüneli, temperleme ile oluşan kristal çekirdeklerinin devamlılığını sağlayarak istenen şekildeki çikolatanın düzgün ve kararlı kristal yapı oluşmasını sağlar. Daha sonra vakum başlıklı robot kollar vasıtasıyla kalıplardan alınan çikolatalar ambalajlanır.

### **2.3.7. Ambalajlama ve depolama**

Ambalaj olarak, sağlığa zararlı olmayan ve çikolatanın kalitesini koruyacak özellikteki kağıt, alüminyum, plastik esaslı malzemeler veya bunların kombinasyonları kullanılmaktadır. Çikolata üretiminin son aşamasında çikolatalar ambalaj makinelerinde ambalajlanır. Küçük ambalajlar daha büyük dış ambalajlara konulabilir. Özel bir ışık ile imalat ve son kullanma tarihleri ile parti numaraları basılır.

Çikolatanın depolanması ve taşınmasında, sıcaklık dalgalanmalarının önüne geçilmeli, ambalajların güneş ışığına maruz kalması önlenmeli, serin ve kuru yerde muhafaza edilmeli ve koku veren maddelerden uzak tutulmalıdır. Uygun muhafaza sıcaklığının genellikle 16 °C-20 °C arasında olması gerektiği bilinmektedir. Yağ kusmasını önlemek için ambalajlanmış ürünler % 65'ten düşük bağıl nemde nakliye edilmelidir (Url-4, 2008).

### 2.3.8.Çikolatada meydana gelen hatalar

Çikolatada meydana gelebilecek hatalar genellikle hammadde ve işleme sırasındaki yanlışlıklardan olabileceği gibi yanlış depolama veya çevrenin etkisi ile de oluşabilir. Ve meydana gelebilecek bu hatalar kalite seviyesini de etkilemektedir. Kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

**Yağ Kusması:** Çikolatanın genellikle yüksek sıcaklıkta kalması ile çikolata yüzeyinde kakao yağının kristalleşmesiyle beyazımsı lekeler ve gri bir tabakanın meydana gelmesidir.

**Şeker Kusması:** Çikolatadaki nemin yüzeyde toplanması, şekerin yüzeyde çözünmesi ve bununla birlikte suyun buharlaşması sonucunda çikolata yüzeyinde gri renkte şeker kristallerinin oluşmasıdır.

**Kumluluk:** Çok fazla ısı uygulanmasıyla birlikte çikolata yüzeyinde meydana gelen kabuk oluşumudur.

**Çatlama:** Aniden yapılan soğutma sonucu, çikolata yüzeyinde yarıkların meydana gelmesidir.

**Dalgalı Yüzey Görünümü:** Çikolata renginin kahverengiden grimsi beyaza dalgalı görünümde dönüşmesidir.

**Kayganlık:** Kaplanmış çikolata yüzeyinde ince bir yağ tabakası oluşmasıdır.

**Mat Yüzey Oluşumu:** Parlak bir yüzey yerine, mat ve renksiz bir yüzey oluşumudur.

**Yüzey Lekeleri:** Genellikle lekeden veya parmak izlerinden çikolata yüzeyinde istenilmeyen görünümün oluşmasıdır.

**Kötü Aroma Oluşumu:** İstenilen sıcaklık düzeyinde depolama gerçekleşmemesi ve/veya düşük kaliteli kakao çikolata üretiminde kullanılmasıyla kötü lezzet ve istenmeyen koku meydana gelmesidir.

**Küf Gelişimi:** Çikolata yüzeyindeki bazı bölgelerde küf oluşumu ve küf kokusu gelişimidir.

## 2.4.Yağ Kusması

Dahlenborg ve diğ. (2015) yağ göçü ve yağ kusması gelişiminin çikolata kabuğu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çikolatadaki yağsız parçacıkların şeker ve kakao taneciklerinin boyutlarının 15, 22 ve 40 um arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yüzey topoloji sonuçları ışığında yağ göçüyle alakalı gözlenebilir farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Fındık dolgulu bitter çikolatanın depolama kararlılığının özellikle çiçek oluşumu ile sınırlı olduğu belirlenmiştir. Depolama koşullarının iyi olmadığı durumlarda çikolata kabuğun dış yüzeyinde kakao yağı kristallerinin oluşumu gözlenmiştir. Bu durumdan yola çıkarak çikolata kabuğu ile kakao yağı arasında bariyer oluşturulması fikri ortaya atılmış ve yağ kusmasının bu şekilde önlenileceği üzerine çalışılmıştır. Bir çalışmada, görüntü analizine dayanan yeni, yüksek çözünürlüklü sayısal bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde mat bir görüntü oluşumu ve çikolata yüzeyinde "beyazımsı" kısımların gelişimi açısından yağ kusmasının hemen tespit edilebildiği belirtilmiştir. Ve farklı miktarlarda yağ içeren dolgular ile kaplanmış (25 ve 75g/100g) farklı yağ konsantrasyonlarını (0,3 ve 6g/100g) içeren numuneler arasındaki yağ kusması gelişimini ayırt etmek için bu yöntem başarıyla uygulanmıştır (Nopens ve diğ., 2008). Başka bir çalışmada yağ kusması ve gelişiminin çikolatanın mikro, doku, görünüş ve erime özelliklerine ilişkin değişiklikler incelenmiştir. 24,48 ve 96 saat sonundaki kakao yağının polimorfik dönüşümü de incelenmiştir (Paterson ve diğ., 2009).

Yağ kusması ile ilgili başka bir çalışmada 8 hafta boyunca 18°C ve 30°C'de depolanan çikolataların yağ kusması, duyu özellikleri, polimorfik yapı, doku özellikleri incelenmiştir. Sıcaklıkların artışıyla birlikte kakao yağı kusması hızlı bir artış göstermiş ve doku özelliklerinde bozulmalar görülmüştür.

Çikolata üretim esnasında yavaş soğutulan numunelerin hızlı soğutulanlara oranla yağ kusmasına karşı daha dayanıklı olduğu kanıtlanmıştır. Hatta 9 kalıp/dakika hızıyla üretilen numunenin yağ kusmasına bağlı raf ömrünün 18 kalıp/dakika hızıyla üretilene göre 4 ay daha uzun olduğu yapılan çalışma sonucunda ispatlanmıştır. Ayrıca çikolatada mevcut kabuk kalınlığının yağ kusmasını geciktirmede önemli bir faktör olduğu da anlaşılmıştır.

Dolgulu ikolatada krema yağının kabuk yüzeyine çıkmasının ince kabuklu (1.5 mm) numunede daha hızlı, kalın kabuklu (3.5 mm) numunede daha yavaş olduğu görülmüştür (Che Man ve diğ., 2001).

ikolatadaki yağ kusmasının işleme koşullarından ve depolama sıcaklığından nasıl etkilendiğinin anlaşılması üzerine yapılan bir çalışmada da ilk önce farklı kremayla kaplı çikolata örnekleri farklı kalınlıkta üretilmiştir. Daha sonra 18 C ve 28 C’de 40 hafta süreyle çikolataların % oleik asit miktarları, peroksit değerleri ayda iki kez analiz edilmiştir. Çalışma sonunda numunelerin raf ömrü belirlenmiş olup kalınlıklar arttıka yüzeye çıkan yağ miktarının ve buna bağlı olarak da yağ kusmasının süre ilerledikçe azaldığı grlmştir. Bunun yanında da uygulanan yüksek sıcaklıkta depolamayla da çikolataların yağ kusmasının arttığı tespit edilmiştir (Gülbay, 2007). Hammond ve diğ. (1999) esas olarak kakao yağının ürünün yüzeyinde parlaklık veya beyaz "buzlanma" görünümünü andıran bir görünüm verdiğini söyleyerek bu sorunun çikolata sektöründeki en büyük kalite problemi olduğunu bildirmişlerdir.

Yağ kusmasının çikolatada engellenmesine yönelik yapılan bir araştırmada formülasyona %2–3 oranında stearin ve hidrojene palm yağı katılımıyla önlendiği belirtilmiştir. Sütlü ikolata bileşimlerinde yer alan süt yağının da Çikolatadaki yağ kusmasını önleyici etki yarattığı belirtilmiştir. Sütün içinde bulunan yağ ile kakao etkileşiminin birçok sütlü çikolata formülasyonunun karakteristiğini oluşturduğuyla alakalı birçok çalışma mevcuttur.

Sütlü ikolatalar içerdikleri süt yağı formları ile daha yüksek erime noktasına sahip olup daha düşük Çikolatadaki yağ kusması riskini arttırdıkları yapılan çalışmalarla açığa çıkarılmıştır. Bununla ilgili yapılan bir çalışmada, yağ kusmasına karşı çikolata örneklerinin kararlılıklarının ve duysal beğeniye arttırmak amacıyla uygun rekristalizasyon sıcaklığının, süre ile yüksek erime noktalı süt yağı fraksiyonun optimal konsantrasyonu belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak %1–3 oranında süt yağı fraksiyonunun 25C rekristalizasyon sıcaklığında çikolata formülasyonuna ilavesi ile çikolata örneklerinin olması gereken duysal özelliklerinin istenilen seviyede olduğu ve yağ kusmasına karşı direncin de yükseldiği ispatlanmıştır (Pajin ve Jovanovic, 2005).

Bir diğerk çalışmada, çikolatada bulunan dispers partiküllerin depolama sürecinde kakao yağının mikro yapısına ve yağ kristallerinin büyümeleri üzerine yaptığı etkiler araştırılmıştır.

Çikolata örnekleri kakao yağı (%30 w/w) ve süt tozu, kakao tozu ve şeker kristalleri ve emülsifiyer olarak da lesitin katkısı ile hazırlanmıştır. 25 °C’de depolanan bu örneklerden dört hafta boyunca analizleri tekrarlanmıştır. Daha sonra bu çikolata örneklerinin mikro yapıları, beyazlık indeksleri ve kakao yağı konsantrasyonları saptanmıştır. Çalışmada sonuç olarak inceltme ve temperleme aşamalarının heterojen olarak dağıtılmış partikül ağının yağ fazının kristalizasyon davranışlarına ve morfolojisine önemli bir etkisinin olduğu saptanmıştır (Rousseau ve Sonwai, 2008).

Lesitinin çikolatada emülsiyon stabilitesini korumak, katı yağ globüllerinin kümeleşmesini önlemek, katı yağ kristal yapısını ve polimorfizmi düzenlemek, çikolatanın kıvam ve dokusunu düzeltmek amacıyla kullanıldığı söylenmiştir. Lesitinin aynı zamanda çikolata bileşeni olarak çikolatada meydana gelen yağ kusmasını geciktirici veya önleyici aynı zamanda da çikolatanın viskozitesini düşürücü olduğu da açıklanmıştır (Bouzas ve Brown, 1995; Nebesny ve Zyzelewicz, 2005; Afoakwa ve diğ., 2007).

Kayma ve soğutma hızlarının kakao yağının kristallenmesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK), X-ışın difraktometresi (XRD) ve reometre kullanılmıştır. Üç farklı kayma hızı (25, 50 ve 100 s-1) ve iki farklı soğutma hızı (1 ve 10 °C/dak), 20, 22 ve 24 °C de analiz edilmiştir. Kakao yağının farklı polimorfik formları tanımlanmıştır. Yağ kusmasının, sıcaklık ve nem kontrollü etüvlerde iki farklı sıcaklık döngüsünün (20±0,5 °C 32±0,5 °C ve 16±0,5°C, 32±0,5 °C) 3 hafta boyunca tekrar edilmesiyle hızlandırılmıştır. İdeal temperlenmiş çikolatadaki, yağ kusması üzerinde depolama sıcaklığının etkisinin incelenmesi amacıyla 10, 18, 22 ve 24 °C de bir yıl boyunca saklanmış ve çikolatalardaki polimorfik dönüşümler, XRD, DTK ve mikroskop kullanılarak takip edilmiştir. Genellikle diğerk çalışmalarda da olduğu gibi bu çalışmada da yağ kusmasının oluşumu çoğunlukla düşük sıcaklıklardaki depolamayla engellenmiştir. Çikolatada yağ kusmasının oluşma hızının, kompozisyona, temper indeks değerine, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olduğu görülmüştür (şekeroğlu ve diğ., 2014).

### 3. ENKAPSÜLASYON

Enkapsülasyon; enzim, hücre, mikroorganizma ve diğer gıda bileşenlerinin, her üç formda da (katı, sıvı, gaz) protein veya karbonhidrat bazlı bir duvar materyaliyle kaplanması şeklinde tanımlanabilmektedir ayrıca bu teknolojinin uygulanmasında ve istenilen özelliklerin kazandırılmasında öncelikle enkapsülasyon tekniğinin ne olacağına karar verilmelidir.

Buna göre;

- Aktif olarak kullanılan materyalin fizikokimyasal özellikleri
- Gıda işlenmesi sırasında hangi kontrol parametrelerinin etkili olacağı
- Enkapsüle edilecek materyalin kullanımdan önce ne kadar sürede saklanacağı
- Enkapsüle materyal içeren gıda ürünlerinin depolama koşullarının ne olacağı
- Kapsüle edilecek materyallerin parçacık boyutunun ne olması gerektiği ve ne kadar miktarda gıda ürünlerinin içerisinde bulunacakları
- Maliyet hesaplarının ne olacağına dair soruların cevaplandırılması gerekmektedir. Bu analiz yapıldıktan sonra;
- Duvar materyali seçimi
- Kapsülasyon yönteminin seçimi
- Yasal düzenlemelere uygunluk dikkate alınarak kapsüle ürün elde edilmesi bakımından tasarımın tamamlanmış olması gerektiği söylenmiştir (Zuidam ve Shimoni, 2010).

#### 3.1.Enkapsülasyon Çeşitleri

##### 3.1.1.Nanoenkapsülasyon (200 nm=0.2 µm'den küçük)

100 nm altındaki atomik ya da molekül seviyesindeki olayların kontrolünü sağlayan uygulamalı bilim ve teknoloji alanına ‘nanoteknoloji’ tanımı yapılmaktadır.



Nanoenkapsülasyon sistemlerin ise gıdayı muhafaza etme ve enkapsüle edilmiş antimikrobiyal maddeyi mikroorganizmaların faaliyet gösterdiği bölgelere taşımada daha etkin olduğu tanımı yapılmıştır (Weiss ve diğ., 2009).

İlaç sektöründe çalışan bilim adamları tarafından tespit edilen ve tanınan 'nanoenkapsülasyon', polimerik aktif bileşen (tipik olarak, bir protein) ile bir polimerik vektör arasında yani bir aktif maddesinin gerçek kaplama arasında bir kompleks oluşumun olduğundan bahsetmişlerdir (Janes ve Calvo, 2001).

Nanoemülsiyonların birbiri içerisinde kesinlikle çözünmeyen, yani heterojen faz gösteren farklı sıvıların, fiziksel zorlukla oluşturulan birden çok fazlı nano boyutundaki damlacıklar olduğu tanımı yapılmıştır. Apolar yapıları ve genellikle 50-200 nm boyutunda damlacıklar içeren emülsiyonlar ve enkapsülasyonu sağlama özelliğine sahip olduğu bilinmektedir. Nano-emülsiyonları mikro-emülsiyonlardan ayırt etmede bazı fiziksel özellikler bulunmaktadır. Partikül boyutu daha küçük olan nano-emülsiyonlar şeffaf olarak görünmekle birlikte mikro-emülsiyonların opak renkte görüldüğü bilinmektedir. Bu özellik nano-emülsiyonların içeceklerde besin ögesi taşıyıcısı olarak kullanılabilmelerinde çok önemli bir adımdır. Nano-emülsiyonların doku özelliklerinin de mikro-emülsiyonlardan farklı olduğu çalışmalarla kanıtlanmıştır. Mekanik olanlar ve olmayanlar olarak nano-emülsiyon sistemleri sınıflandırılmaktadır. Nanoemülsiyon üretimi üzerine kullanılan yöntemler genel olarak mekanik (yüksek enerjili) olanlar; yüksek basınç homojenizasyon, mikro akışkanlık ve ultrasonik yöntemlerdir. Mekanik olmayan nano-emülsiyon yöntemine örnek olarak çözücü difüzyon tekniğini söyleyebiliriz.  $\alpha$ -Tokoferolün nanoemülsiyon oluşturması amacıyla bazı araştırmacılar emülsifikasyon-buharlaştırma tekniğini kullanmışlardır. Nano-emülsiyonların, balık yağı ve lipofilik vitaminler gibi suda hiçbir şekilde çözünmeyen gıda bileşenlerinin sindirim sisteminde emilerek biyoaktivitelerini yansıtabilmeleri için iyi bir taşıyıcı ortam oluşturduğundan ve bu bakımdan nano-emülsiyonların önemli olduğu belirtilmiştir (Rao ve McClements 2011).

### **3.1.2. Makroenkapsülasyon (5 µm'den büyük)**

Makroenkapsülasyonun bir difüzyon çemberi içerisinde adacıkların büyük bir kitle halinde kapsüllenmesini; mikroenkapsülasyonun ise tek adacıkların veya küçük grupların difüzyon çemberi içerisinde kapsüllenmesini içerdiği tanımlanmıştır (Sakata ve diğ., 2004). Standart olarak makroenkapsülasyon zararlı atık maddelerin azaltılması için kullanılan bir teknik olduğu bilinmektedir. Makroenkapsülasyonun, zararlı atık içeriğinin büyük bir yapısal form içinde, stabilizleyici madde gözeneklerinde fiziksel olarak tutulduğu bir mekanizma olduğu belirtilmiştir, tehlikeli atığın, tipik haliyle bir beton kabuk içinde hapsedildiğinden bahsedilmiştir. "Makroenkapsülasyon", su ve hava geçirmeyen bir kaplama malzemesi ile bağlanmasıyla gerçekleştiği bilinmektedir. Stabilize kütlenin, zamanla nem, kuruma, donma, fiziksel yükleme gibi çevresel etkilerle bozulabildiği ve kirleticilerin ayrılarak sızıntı suyuna karışabildiği söylenmiştir. Bu nedenle, eğer kütle bütünlüğü korunamıyorsa, makroenkapsülasyonun tek başına yeterli olmadığı görülmüştür (Lagrega ve diğ., 1994).

### **3.1.3. Mikroenkapsülasyon (0.2-5 µm)**

Mikroenkapsülasyon; tekli veya çoklu kaplama materyallerinin aktif olan maddeye sarılıp kaplanmasıyla oluşan teknolojidir. Ürünlerin spesifik özelliklerini geliştirmek ve raf ömürlerini uzatmak amacıyla kullanılan bu teknik, gıda sektöründe genellikle sıvı damlacıkların, katı partiküllerin veya gaz bileşenlerinin gıda saflığında kaplama materyalleri ile kaplanması amacıyla tercih edilmektedir. Gıda ürünleri içerisinde çoğunlukla katı ve sıvı yağların, tat ve koku bileşenlerinin, vitaminlerin, minerallerin, renk bileşenlerin ve enzimlerin iç faz olarak kullanıldığı bilinmektedir. Çoğunlukla nişasta, maltodekstrin, pullulan, sakkaroz, maltoz gibi karbonhidratlar, jelatin, peynir altı suyu proteinleri, kazein ve kazeinatlar gibi proteinler ve gam arabik gibi gıdaların kaplama materyali olarak kullanıldığından bahsedilmiştir (Koç ve Sakin, 2010).

Mikroenkapsülasyon, küçük kapsüller içerisinde gıda katkı maddelerinin, enzimlerin, ya da diğer maddelerin eklenmesiyle oluşmaktadır. Genellikle mikrokapsüllerin gıda işletmecileri tarafından hassas gıda bileşenlerini, beslenme kayıplarını ve lezzet ve aroma bozulmalarına karşı gıdayı korumak amacıyla geliştirildiği bilinmektedir. Mikrokapsülleri oluşturmak üzere dondurarak kurutma, ekstrüzyonla kaplama, akışkan yataklı kaplama, ekstrüzyon, püskürtmeli kurutma, kokristalizasyon, koaservasyon gibi tekniklerin uygulandığından bahsedilmiştir (Desai ve Park,2005). Mikrokapsülün iç kısım materyaline öz, iç faz veya dolgu denilmektedir. Ayrıca dış faz için, duvar, bazen kabuk kısmı, kaplama materyali, film veya zar olarak da adlandırıldığından söz edilmiştir (Burgain ve ark., 2011). Kaplama yöntemi olarak genellikle ekstrüzyon ve emülsiyon teknikleri uygulanmaktadır. Balık yağlarının oksidasyona karşı antioksidanların etkinliğinin incelenmesi ve nemin de bu duruma etkisinin araştırılması üzerine mikroenkapsülasyon tekniğiyle çalışılmış ve herhangi bir antioksidan kullanılmadan enkapsülasyon yapılmış yağın oksidasyona karşı diğer yağdan 10 kat daha bozulmaya dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Baik ve diğ., 2004). Başka bir tanımda da çeşitli maddelerin 5-300µm çapındaki kapsüller içerisinde tutulması ile mikroenkapsülasyonun oluştuğu üzerine yorumlar yapılmıştır. Kaplamanın yani kapsülün boyutu ve şekli, stabilite ve geçirgenlik özelliklerine göre değiştiği bilinmektedir. Tekli, çok duvarlı, düzensiz, çok çekirdekli ve matriks olmak üzere farklı şekillerde mikrokapsüller bulunmaktadır.

Enkapsülasyon işlemindeki ilk ve en önemli basamak, uygun kaplama materyalinin (filmin) belirlenmesidir. Kaplama materyalleri olarak artık en çok tercih edilen film oluşturabilme gücüne sahip, şekerler, gamlar, proteinler, doğal ve modifiye polisakkaritler, yağlar veya sentetik polimerlerdir, jelâtin, pektin, nişasta, kappakarreganan, agar, peynir altı suyu gibi maddelerin kullanılabildiği belirlenmiştir. İdeal bir kaplama materyalinin asıl olması gereken özelliklerinin ise toksik olmaması, kolayca uygulanabilir olması, tam koruma sağlaması ve ekonomik olması gerektiğini savunmuşlardır (Sultana ve Godward, 2000).

Mikroenkapsüle edici ajanlardan en çok tercih edilenin aljinat olmasının, zararlı olmaması, kolay ulaşılabilir olması, mekanik stabilitesi fazla çok ince jeller oluşturması, asitliği düşük tampon çözeltide süspanse olduğunda kolaylıkla ortaya çıkması ve kalsiyum klorür ile probiyotik bakteriler gibi duyarlı materyalleri kaplamada hafif matrisler oluşturması gibi avantajları olması çalışmalarla kanıtlanmıştır (Chandramoulia ve diğ., 2004).

Yağların ve aromaların enkapsülasyon etkinliğinin emülsiyonun stabilitesinden etkilendiği söylenebilmektedir. Stabilitenin yüksek olmasının mikroenkapsülasyon verimliliğini de arttırdığı söylenmiştir (Sheu ve Rosenberg, 1998). Daha önceki bir çalışmada, emülsiyon damlacık boyutunun zamana karşı değişimi incelenmiş ve Dlimonen ve etil bütirat için ortalama damlacık çapının logaritmasının zamanın logaritması ile lineer olarak değiştiği belirlenmiştir (Hogan ve diğ., 2001. ; Liu ve diğ., 1995).

Başlangıç emülsiyonunun kuru madde içeriğinin artmasıyla sıvıya karşı gösterilen direnç artmakta, damlacığın içerisindeki dolaşımının azalmasına ve hızlı yarı geçirgen zarın oluşumu ile uçucu bileşenlerin kapsül içerisinde kalmasına yardımcı olmaktadır. Çeşitli araştırmacılar, kuru madde içeriğini değiştirmeden koyulaştırıcı eklenmesi ile (karboksi metal selüloz, gumlar, sodyum alginat veya jelatin) emülsiyon viskozitesinin artırılması üzerine araştırmalarını sürdürmüşlerdir. Ayrıca sodyum alginat ilavesinin etil kaprülüt ve eugenolün püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsülasyonunda alıkonması üzerine çalışmışlardır (Rosenberg ve diğ., 1990 ; Silva ve Re, 1996).

Emülsiyon damlacık boyutunun azalmasıyla kaplama materyalinin enkapsülasyon verimliliğinde artış olmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğunda, emülsiyon damlacık boyutu yaklaşık bir mikrona kadar düşürülmektedir ancak 1 mikronun altındaki boyutlarda emülsiyon boyutunun enkapsülasyon etkinliğini etkileyip etkilemediğini gösteren herhangi bir çalışma yoktur.

Risch ve Reineccius (1988) portakal kabuğu yağının modifiye nişasta veya gam arabik ile mikroenkapsülasyonunda, emülsiyon damlacık boyutunu minimum olacak şekilde azaltarak, küçük emülsiyon damlacık boyutunun, kapsül içerisinde aroma alıkonmasını arttırdığını ve kaplanmamış yağ oranını (yüzey yağı) azalttığını bulgulamışlardır.

Yağların bozulmadan raf ömrünü arttırmak adına gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işleminde peynir altı suyu proteinleri kaplama materyali olarak birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır.

Genellikle süt yağının enkapsülasyonunda peynir altı suyu proteinleri kaplama materyali olarak kullanılmış olup yaklaşık olarak %90'lık enkapsülasyon veriminin elde edildiği bildirilmiştir (Young ve diğ., 1993). Genellikle çalışmalarda püskürtmeli kurutucu ile elde edilen mikrokürelerin karakterizasyonunu belirlemek amacıyla bazı analizler yapılmaktadır. Mikrokapsüllerin fiziksel özelliklerini belirlemek için çoğunlukla optik mikroskopla bakıldığı ve ayrıca SEM analizinin de yapıldığı çalışmalarda da belirtilmiştir. Bir çalışmada optik mikroskop görüntüleri 10X büyütme ile çekilmiş ve üretilen mikrokapsüllerin ısı depolama ve yayma sıcaklık ve entalpi değerleri gibi ısı özelliklerini belirlemek için DSC (diferansiyel taramalı kalorimetri) cihazının kullanıldığından bahsedilmiştir. Termal gravimetrik analiz (TGA analizi) mikrokapsüllerin sıcaklığa karşı kararlılığını belirlemek için uygulanmıştır. Analiz 0-400 °C aralığında ve genel olarak azot gazı kullanılarak yapılmıştır (Sultana ve Godward, 2000).

### **3.2.Mikroenkapsülasyon Teknikleri**

Kaplama materyalleri içerisinde gıda bileşenlerinin çekirdek materyali olarak kullanılıp enkapsülasyonunun yapılması işleminde birçok farklı yöntem uygulanmaktadır. Mikroenkapsülasyon yönteminde en önemli noktalar enkapsüle edilecek maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle enkapsüle edilecek olan gıda bileşenlerinin uygulandığı yer olduğu belirtilmiştir. Modifiye kaplama materyallerinin ve yeni teknolojilerin ışığında, günümüzde özelliği çok yüksek mikroenkapsüle gıdaların elde edilebildiği ve pH'daki değişimler, mekaniksel etki, ısı, enzimatik aktivite, süre, ozmotik kuvvet gibi tetikleyici faktörlerin enkapsüle edilmiş bileşenlerin açığa çıkmasında etkili olduğu belirtilmiştir (Desai ve Park, 2005).

### 3.2.1. Dondurarak kurutma

Gıdaların korunmasında en etkili yöntem olmasının dışında, bu işlem ürünün dondurulması ve buz kristallerinin süblimasyonla gıdadan veya üründen uzaklaştırılması esasına dayandırıldığı bilinmektedir. Dondurma, temel kurutma aşaması ve ikinci kurutma aşaması dondurarak kurutmanın üç temel aşamasının olduğu bilinmektedir.

Dondurma aşamasında; şoklama veya derin dondurucuda gıdanın yapısında bulunan suyun buz kristalleri haline dönüştürülmesi, temel kurutma aşamasında; buz kristallerinin süblimleşmeyle üründen uzaklaşması, ikinci kurutma aşamasında ise gıdada bulunan bağlı suyun ayrıldığı ispatlanmıştır (Teledo, 1979). Dondurarak kurutma yönteminin sağladığı yararlar; tat ve koku kaybıyla birlikte kalite kaybının çok az seviyede olması, elde edilen ürünün yeniden eski haline dönüşebilmesi özelliklerinin çok iyi olması, çözünen maddelerin gıda içerisindeki hareketi dolayısıyla kayıpların minimum olmasıdır. İşlemin fazla zaman alması ve maliyetli olması gibi dezavantajları da olabilmektedir.

Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon işleminde genellikle üretim maliyetinin az olması nedeniyle püskürtmeli kurutma tercih edilmektedir. Fakat sıcağa duyarlı gıda ürünlerinin (balık yağı, tat ve koku maddeleri gibi) mikroenkapsülasyonunda düşük sıcaklık uygulamasının dondurarak kurutma yöntemini bir alternatif olarak gösterebileceği üzerine çalışılmıştır (Heinzelmann Ve diğ., 2000).

Ayrıca, püskürtmeli kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyon işlemi gerçekleştirilirken kaplama materyallerinin kalınlıkları veya yoğunlukları düşük ise elde edilen toz ürünlerin yüzey alanlarının da çok geniş olmasıyla birlikte, üretilen mikrokapsüllerin oksidasyondan daha çok etkilendiği yapılan bir çalışmayla kanıtlanmıştır (Cerimedo ve diğ., 2008). Dondurarak kurutma yönteminde suyun kristallenmesiyle birlikte donmamış kısmın yoğunluğu artırılmış ve oluşan şekilsiz katı yüzey gıda bileşenlerinin difüzyonunu engelleyip geciktirmiştir (Karel ve Langer, 1988).

### **3.2.2. Akışkan yatak kaplama**

Akışkan yatak kaplama D.E. Wurster tarafından 1950'lerde keşfedilmiştir (Arshady, 1993). Akışkan yatak kaplamanın kullanılması en çok eczacılık sektöründe, çok uzun zamandan beri ilaçların kaplanması sırasında film oluşturma, tat maskeleyme, üretilen ürünlerin dengeli kalma özelliğini artırma ve istenilen bölgede etki gösterme amaçlarıyla akışkan yatak kaplama yönteminin kullanıldığından bahsedilmiştir (Hall ve Pondell, 1980).

Akışkan yatak kaplama yöntemi gıda ürünlerinin enkapsülasyonunda çok pahalı olmasından dolayı çok fazla tercih nedeni değildir. Ancak son yıllarda sürekli akışkan yatak sistemlerinin ortaya çıkışıyla üretim maliyetleri büyük oranda azalmış olup, akışkan yatak kaplama yöntemi de gıda ürünlerinin kaplanmasında bir alternatif olduğu görülmüştür. Sistemde prensip; yatak içerisinde yer alan partiküllerin üzerine duvar materyali olarak kullanılacak sıvının püskürtme başlığı aracılığı ile püskürtülmesi sonucu katman şeklinde kapsüllerin oluşmasına dayandığı söylenmiştir (Onwulata, 2005). Üstten, alttan ve açılı püskürtmeli olmak üzere 3 farklı akışkan yatak kaplama yönteminin olduğuna vurgu yapılmıştır (Desai ve Park, 2005).

Akışkan yatak kaplama yöntemi gıda endüstrisinde özellikle çocukların beslenmesinde destekleyici olarak kullanılan B vitaminleri, C vitamini, demir fumarat, demir sülfat, sodyum askorbat, potasyum klorid ve çeşitli vitamin/mineral karışımları gibi besinsel maddelerin enkapsülasyonunda kullanıldığı savunulmuştur. Farklı gıda asitlerinin akışkan yatak tekniği ile enkapsüle edilerek ve bu şekilde et endüstrisinde renk, tat ve kokunun geliştirilmesi amacıyla uygulandığı görülmüştür (Dezarn, 1995).

### **3.2.3. Ekstrüzyon**

Ekstrüzyon genellikle aroma maddelerinin enkapsülasyonunda kullanılan bir metottur. Ekstrüzyon diğer teknolojilere göre yeni bir teknolojidir. Bu metot ile kaplama materyali seçiminde genellikle sakkaroz, maltodekstrin, glikoz şurubu, gliserin ve glikoz kullanıldığı söylenmiştir (Arshady, 1993).

Buradaki yöntemde, tahıl bazlı ürünlerin ısıl işleme tabi tutulmasından ve doku oluşturulmasında kullanılan ekstrüzyon prosesinden tamamen farklı olduğundan bahsedilmiştir.

Uçucu ve düşük kararlılığa sahip aroma maddelerinin kaplanması amacıyla, bariyer özelliği yüksek, kumsu haldeki karbonhidrat matriksleri içerisinde kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Reineccius, 1991; Gouin, 2004). Aroma maddelerinin ekstrüzyon yöntemi ile kaplanması sonucunda oksidasyona karşı epeyce dayanıklı kapsüller elde edildiği ispatlanmıştır.

#### **3.2.4. Koaservasyon**

Koaservasyon, kaplama materyalindeki sıvı fazın polimerik çözültiden ayrılması ile birlikte kaplama fazının, çekirdek materyalini homojen bir tabaka halinde sarması sonucunda gerçekleştiği söylenmiştir (Desai ve Park, 2005). Enkapsülasyon teknolojisinin özgün metodu olarak da koaservasyon savunulmuştur (Risch, 1995). Çekirdek materyalinin polimer ile uyumlu olması ve koaservasyon ortamında çözünmemesi gerektiği bu yöntem için önemli bir faktördür. Koaservasyon basit ve karmaşık koaservasyon olmak üzere ikiye ayrılır. Basit koaservasyonda tek bir tip polimer kullanılırken karmaşık koaservasyon işleminde ise iki veya daha fazla polimer kullanılmaktadır. Gıda sanayinde koaservasyon uygulamaları sık kullanılan bir yöntem olmamakla birlikte bunun temel sebebinin, işlemin çok karmaşık olmasının yanında yüksek maliyetli olduğu belirtilmiştir (Soper, 1995).

#### **3.2.5. Kokristalizasyon**

Kokristalizasyon, sakkaroz matrisi ile çekirdek materyalin birleşmesi sonucu oluşan yeni bir enkapsülasyon tekniğidir. Sakkaroz şurubu süper doygun olacak şekilde konsantre edilmiş ve sıcaklığa bağlı kristalizasyon önlenerek şekilde standardize edilmiştir. Önceden belirtilen miktar kadar çekirdek materyali şiddetle karıştırılan yoğunlaştırılmış şurup içerisine eklenir. Karıştırma işleminin yardımıyla sakkaroz ve çekirdek materyali birbiri içerisine geçerek enkapsülasyonun olduğu anlaşılmıştır (Rizzuto ve diğ., 1984). Beristain ve diğ., (1996) portakal kabuğu yağını kokristalizasyon metodunu kullanarak enkapsüle etmişlerdir. Bu çalışmada, kokristalizasyon ile oluşturulan ürünlerdeki uçucu yağların hapsedilmesinin püskürtmeli kurutma ve ekstrüzyon uygulamaları ile olanlardan daha etkili olduğu belirtilmiştir.



### 3.2.6.Püskürtmeli Kurutma

#### 3.2.6.1. Genel Özellikleri

Püskürtmeli kurutma prosesinde, kurutulmak istenen, uygun vizkoziteli akışkanın kurutma ortamı olarak kullanılacak yüksek ısıdaki gaz akışkana püskürtülmesi ile birlikte katı veya yarı katı faza geçmesi olarak tanımlanmaktadır. Tek basamaklı, sürekli partikül işleme operasyonu da denilmektedir. Beslemenin; çözelti, süspansiyon, emülsiyon ve macun kıvamında olabileceği tanımlanmıştır. Kuruyan mamülün; beslemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kurutucu modeli ve işlevselliğine bağlı olarak toz, granül, topak halinde olabildiği gözlemlenmiştir (Masters, 1991).

Püskürtmeli kurutucu kullanmanın birçok avantajı bulunmaktadır.

Örneğin;

- (1) Kurutma koşulları sabit tutulursa toz kalitesi sabit kalır,
- (2) Püskürtmeli kurutucu operasyonu kolay ve sürekli. Operasyon tam otomatik olarak kontrol edilebilir,
- (3) Isıya dirençli ve ısıya hassas maddelere uygulanabilir,
- (4) Her kapasite ihtiyacı için püskürtmeli kurutucu dizayn edilebilir.
- (5) İlaç sanayiinden seramik sanayisine kadar birçok alandaki ürünlerin kurutulmasında kullanılabilir,
- (6) Kurutmanın hızlı yapılmasından ve bu nedenle ürünün sıcak hava ile çok kısa süreli temas etmesinden ürün kalitesinde çok fazla bozunma görülmez.

Sanayi tipi püskürtmeli kurutucular yüksek kurulum masraflarına sahip olması dezavantajına sahiptir. Ayrıca, geniş çapları ve yüksek kurutma odacıkları pahalı yapı ve/veya destekleme yapılarına ihtiyaç duymaktadır.

Gıda endüstrisinde süt tozu, çocuk maması, yumurta tozu, toz maya, balık unu, sebze ekstraktları, domates tozu ve meyve tozları gibi üretim alanlarında yaygın olarak uygulandığı görülmektedir. Gıda endüstrisi dışındaki endüstri dallarında örneğin ilaç, gübre, yem, boya, plastik, seramik, toz sabun ve deterjan üretiminde kullanıldığından bahsedilmiştir (Yaşar, 2008).

### **3.2.6.2. İşlem aşamaları**

Püskürtmeli kurutucu dört işlem basamağı içermektedir;

- (1) Beslemenin kurutma odası içerisinde atomizasyonu
- (2) Damlacık-hava teması
- (3) Damlacığın kurumması
- (4) Kurutulan parçacıkların havadan ayrılması

### **3.2.6.3. Beslemenin atomizasyonu**

Damlacığın oluşması ve damlacık ile havanın teması püskürtmeli kurutucunun temel özellikleridir. Atomizerin seçimi ve çalışma şartları, en yüksek kalitede ürüne sahip ekonomik üretimin başarılması için ekstra öneme sahiptir. Damlacıkların oluşması için döner atomizerler ve nozüller kullanılmaktadır. Döner atomizerler, yüksek hızla dönen tekerleğin ya da diskin enerjisini kullanarak sıvıları damlacıklara bölmektedir. Döner atomizerler, güvenilir, operasyonu kolay ve değişen besleme hızlarına kolay uyum sağlayabilen sıvı dağıtıcı sistemlerdir.

Basınç nozüllerinde; besleme konsantresi nozülle basınç altında beslenir. Basınç enerjisi kinetik enerjisine dönüştürülmektedir. Çift akımlı nozüller; sıvı besleme ve püskürtülen hava ayrı olarak nozülün kafasından geçerler. Etkili besleme teması için nozül içerisinde yüksek hava hızı oluşturulmaktadır. Temas, beslemeyi küçük damlacıklara ayrılmaktadır. Nozül, düşük basınç altında başarıyla çalıştırılabilir. Yüksek viskoz beslemelerin atomize edilmelerinde kullanılabilir, orta irilikte damlacıklar elde edilir ama homojenliği azdır. Düşük viskoz beslemelerde, küçük partiküller elde edilir ama aglomerasyon gözlenebilir (Masters, 1991).

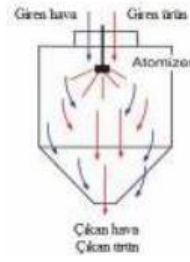
### **3.2.6.4. Damlacık-hava teması**

Damlacığın kurutulan havayla nerede karşılaşacağı püskürtmeli kurutucu tasarımındaki en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Damlacığın havayla temas şekli, kurutma fazı boyunca damlacığın davranışlarını ve doğrudan kuru ürünün özelliklerini etkilediği bilinmektedir.

Damlacık ve hava arasındaki temas şekli hava girişi ile de ilişkili olduğundan atomizerin pozisyonunun önemli olduğundan bahsedilmiştir (Masters, 1991).

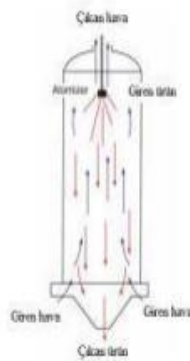
Damlacık ile kurutucu hava aynı doğrultuda odacığa girerse eş yönlü akım adını almakta ve eş yönlü akım kurutucu Şekil 3.1’ de görülmektedir. Isıya duyarlı ürünlerde en sıcak ve kuru hava, parçacıklar maksimum nem içeriğindeyken temas ettiği için tercih edilmektedirler. Damlacık evaporasyon hızlıdır ve buharlaşan hava tarafından kuru havanın sıcaklığı hızla azaltılır.

Evaporasyon zamanının büyük bir kısmı boyunca, damlacık sıcaklığı düşük olduğu için; ürün, ısı bozunmasından etkilenmemektedir. Süt ürünleri gibi ısıya fazla duyarlı gıda ürünleri genelde eş yönlü kurutucularda kurutulurlar.



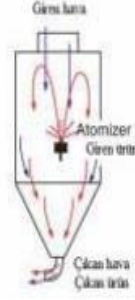
**Şekil 3.1** : Eş Yönlü Akım Kurutucusu (Url-5, 2010)

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi ters yönlü akımda, damlacık ve hava, kurutucunun ters yönlerinden gönderilmekte, atomizer üste yerleşmiş ve hava aşağıdan sisteme girmiştir. Eş yönlü akıma oranla daha hızlı evaporasyon ve daha yüksek enerji verimliliği göstermektedir. En kuru parçacıklar bile en sıcak havayla temas halinde olduğundan ısıya duyarlı ürünler için kesinlikle uygun değildir. Sabun ve deterjan üretiminde genel olarak ters yönlü akım kurutucularından yararlanılmaktadır.



**Şekil 3.2** : Ters Yönlü Akım Kurutucusu (Url-5, 2010)

Şekil 3.3’de karışık yönlü akım gösterilmektedir. Hem eş yönlü hem de zıt yönlü akımlar kombine edilmiştir. Hava üst taraftan sisteme girerken, atomizer alt kısma yerleştirilmiştir. Ters yönlü tasarımındaki gibi, karışık akım kurutucusunda da en kuru partiküllerle en sıcak havanın teması söz konusudur. Bu sebeple ısıya duyarlı ürünlerde kullanılması tercih nedeni değildir (Url-5, 2010).



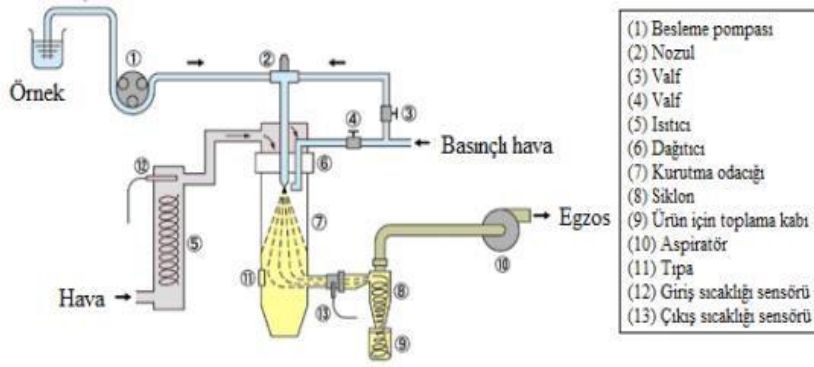
**Şekil 3.3 :** Karışık Yönlü Akım Kurutucusu (Url-5, 2010)

### **3.2.6.5. Damlacığın kurutulması**

İki aşamadan meydana gelmektedir: İlk aşama boyunca, damlacığın yüzeyindeki doymuş hava sıcaklığı yaklaşık olarak kurutulmuş havanın yaş termometre sıcaklığına eşit olacak şekilde ayarlanması gereklidir. Damlacıkta, yüzeyde evapore edilen sıvının yerine geçecek kadar nem bulunmaktadır ve evaporasyon nispeten sabit hızda gerçekleşmektedir. İkinci aşama damlacık yüzeyinde doymuş koşulları sağlamaya yetecek kadar nem kalmadığı anda başlamaktadır ve yüzeyde kuru kabuk oluşmaktadır. Evaporasyon, nemin kabuk içerisinden yüzeye difüzyonuna bağlıdır. Evaporasyon hızı ikinci aşamada hızla düşmektedir. Farklı ürünler farklı evapore özelliklerine ve partikül oluşturma karakteristiklerine sahip olabildikleri gibi, partikül ürünler uniform içi boş küreler, ya da porlu ve düzensiz şekilli olabilirler (Url-5, 2010).

### **3.2.6.6. Kurutulan partiküllerin havadan ayrılması**

Temel olarak yer çekimi etkisiyle, kurutulan partiküllerin havadan ayrılması, odacığın alt kısmına düşen parçacıklarla meydana gelmektedir. Partiküllerin küçük bir kısmı havayla birlikte kalmaktadır ve mutlaka ayırma cihazı içinden kurtarılmalıdır. Siklonlar, filtre çantaları ve elektrostatik çökelticiler son ayırma aşamasında kullanılabilirler. Nemli gaz temizleyicileri sıklıkla havanın saflaştırılması ve soğutulması için kullanılmakta, böylece hava atmosferi salınabilmektedir.



**Şekil 3.4 :** Püskürtmeli Kurutucu Sisteminin Akış Şeması (Url-5, 2010)

Şekil 3.4’de de görüldüğü gibi kurutulacak çözelti, sprey nozulüne (2) pompa (3) yardımıyla beslenmiş, spreylenen karışım çözelti, emülsiyon, süspansiyon veya dispersiyon olabilmektedir. Valfle (3) kompresörden gelen sıkıştırılmış hava ayarlanır ve sıkıştırılmış hava sprey nozulüne (2) yollanır. Nozulün tepesinde sıkıştırılmış hava ile çözelti karışır ve karışım kurutma odacığına (7) beslenir. Sisteme beslenen çözelti nozulde damlacıklar haline dönüşür. Öte yandan, aspiratör (10) tarafından hava üniteye emilir ve ısıtıcıda (5) ayarlanan sıcaklığa kadar ısıtılır. Isıtılan hava ile çözelti damlacıklarının temas alanı geniş olduğu için, kurutma odacığında nemin yaklaşık olarak %90’ı veya daha fazlası evapore olur. Kurutmaya toz hale gelen damlacıklar, siklona (8) beslenir ve evapore edilmiş kısımdan burada ayrılarak toplama kabına beslenir (9) (Brinkmann, 2007).

### 3.2.6.7. Kaplama materyalleri

Kaplama materyalinin içeriği elde edilen ürünün fonksiyonel özellikleriyle doğrudan ilgilidir. İstenilen düzeydeki kaplama materyalinin özellikleri aşağıdaki gibi olmalıdır.

- Yüksek konsantrasyonlarda tekstür özellikleri iyi olmalı ve kapsülleme sırasında kolay işlenebilmelidir.
- Emülsiyon ve dispersiyon özelliği olmalı ve bunun yanında emülsiyon kararlılığı çok yüksek olmalıdır.
- Çekirdek materyal ile kaplamada ve depolamada çekirdek materyalin özelliğini bozucu reaksiyonlara girmemelidir.
- Çekirdek materyalini iyice kaplayabilmeli ve bunu kararlı bir şekilde hem işlem hem de depolamada korunmasını sağlamalıdır.

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan püskürtmeli kurutucular üstün performanslı kurutma sağlamasına karşın aktif materyali koruyan bir polimer matriks içerisinde hapsedilmesi nedeniyle, günümüzde bu metot mikroenkapsülasyon tekniği olarak kabul edilmektedir. Bu metot ile gerçekleştirilen sistem, muamelenin oluşturulacağı emülsiyonun ve dispersiyonun hazırlanması, hazır hale getirilen dispersiyon ve emülsiyonların homojenize edilmesi ile oluşturulan homojen yapının kurutma hücresindeki atomizasyonunu kapsayan üç ayrı aşamada gerçekleşmektedir. Kapsülün yani duvar materyalinin ebatı ve biçimi, stabil olması ve geçirgenlik gibi parametrelerine göre değişmektedir. Tek katmanlı, çok duvarlı, düzensiz, çok çekirdekli ve matriks olmak üzere farklı şekillerde mikrokapsüller de bulunmaktadır. Kaplama materyalleri olarak film yapabilen, modifiye polisakkaritler, proteinler, şekerler, gamlar, doğal ve yağlar veya sentetik polimerlerdir. Jelâtin, pektin, nişasta, kappa-karreganan, agar, PAS vb. maddelerden yararlanılan çalışmalara rastlanmaktadır.

Maltodekstrin, DE 20 ve altında olan, nişastanın hidroliz ürünlerine verilen isimdir. Yenilebilir hidrokolloidler içerisinde düşük maliyeti, çözeltilerindeki hafif lezzeti ve ağızda bıraktığı yumuşak his ile gıda endüstrisinde kullanımı önemli bir yere sahiptir. Maltodekstrinlerin özellikleri DE ve polimerleşme derecesi olarak ifade edilen hidroliz derecesi yanısıra, enzim uygulamasına göre değişen niteliklerle ifade edilebildiği görülmüştür (Ziesenitz ve Siebert, 1987).

Maltodekstrinlerin çözünürlükleri, DE değerine ve hidroliz metoduna göre değişmekte olup aynı DE değerine sahip olsalar da; enzim hidroliz ürünleri, asit hidroliz ürünlerine oranla, yüksek moleküllü sakkaritlerden daha az oranda içerdiklerinden suda daha iyi çözünebildikleri anlaşılmıştır. Maltodekstrinler, mısır şuruplarına kıyasla daha düşük higroskopik yapıdadır. Dolayısı ile de; en düşük DE içeriğine sahip olan maltodekstrinler, atmosferdeki nemi absorblama yatkınlığı da en düşük olanlardır. Maltodekstrinlerin, jel oluşturma ve su tutma özellikleri de vardır. Bu özellikleriyle gıda endüstrisinde jelleştirici ajan olarak kullanılmalarının yanında, su tutucu, yağ ikamesi, hacim arttırıcı, topaklanmayı önleyici, doku ve yoğunluk arttırıcı, film oluşturucu, lezzet ve yağ bağlayıcı, yüzey parlaklığını arttırıcı, dağılılabirliği ve çözünebilirliği destekleyici, donma noktasını kontrol edici, kristalizasyonu önleyici, oksijen bariyeri olma gibi pek çok amaçla kullanılan önemli bir dolgu maddesi olduğu ispatlanmıştır. (Chronakis, 1998).

Maltodekstrinin gıda tozlarında kullanımının, elde edilen tozun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisine dair pek çok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda temel olarak hedef alınan konuların, maltodekstrin kullanımının toz ürünün partikül boyutu, yığın yoğunluğu, higroskopisitesi, çözünürlüğü, topaklanma özellikleri ile taşıyıcı ajan olarak kullanılabilme yeteneğinin olduğudur. Aynı zamanda püskürtmeli kurutmada karşılaşılabilen siklona yapışma sorununu ortadan kaldırması bakımından da önemlidir.

Sprey tip kurutucularda (püskürtmeli kurutucu), kurutma öncesi hazırlanan karışımlarda, maltodekstrinler, yüzey aktif maddeler ve bitkisel zamlarla birlikte kullanıldığı üzerine araştırmalar yapılmıştır (Alexander, 1992). Bu sayede kurutmanın kolaylaştırılmasının yanı sıra kaplama (kapsülasyon) da sağlanarak ürünün raf ömrü uzatılması, ayrıca çözünürlüğü ve sıvı fazlarda emülsiyon yapma özelliğinin artırılmasından bahsedilmiştir. Böylece, kurutma sonrası toz halde ve uzun ömürlü ürünler elde edilebildiği görülmüştür (Bangs ve Reineccius, 1982). Kapsüllenen ürünlerin buharlaşma kayıpları azaltıldığı ve oksidasyona karşı daha stabil bir yapı oluşturulduğu kanıtlanmıştır (Kennedy ve Cabral, 1987). Maltodekstrinin genel olarak kullanıldığı durumlar; bebek gıdaları (stabilizatör, jelleştirici ve esans-aroma koruyucu), kahve ve kahve ağartıcıları, içilebilir çikolata karışımları, fırıncılık ürünleri ve et ürünleri (su absorbe edici ajan), şekerlemeler (bağ oluşturucu ve jelleştirici), şekerleme veya yemiş benzeri ürünlerin kaplanmasıdır.

Proteinler, fonksiyonel özellikleri nedeniyle mikroenkapsülasyon işlemi için alternatif olabilen kaplama materyalleridir. Proteinlerin özellikle lezzet bileşenlerinin tutulumunun sağlanmasında etkili oldukları savunulmuştur (Landy ve diğ., 1995).

Genellikle mikroenkapsülasyon işleminde kaplama materyali olarak jelatin, PAS proteinleri, kazein ve kazeinatlar protein olarak tercih edilen ajanlardır. Jelatin; iyi emülsiyon ve jelleştirici özelliği, suda iyi çözünebilmesi ve insanlar tarafından tüketilebilir olması nedeniyle püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsülasyon için iyi bir kaplama maddesidir. Jelatin mikropartiküllerinin özellikleri ve morfolojilerinin bir şeker alkolü olan mannitol ilavesiyle gelişebileceği yönünde yorumlar yapılmaktadır. (Bruschi ve diğ., 2003).

Daha önce yapılan çalışmalarda limonenin dondurarak kurutma prensibine dayanarak gerçekleştirdiği mikroenkapsülasyonunda Kaushik ve Roos (2006), püskürterek kurutma yöntemi ile fosfolipit mikroenkapsülasyonunda Caiyuan ve diğ. (2007), likopenin mikroenkapsülasyonunda Chiu ve diğ. (2007) ve balık yağının mikroenkapsülasyonunda Curtis ve diğ., (2008), jelatin enkapsülasyon maddesi olarak tercih edilmiştir. Kakao yağının çeşitli kaplama maddeleriyle kaplanıp enkapsülasyon işleminin gerçekleştirildiğine yönelik herhangi bir çalışma yoktur.

Peynir altı suyu proteinlerinin çok iyi bir emülsifiye edici ajan olduğundan bahsedilmiştir (Keogh ve O’Kennedy, 1999). Peynir altı suyu proteinlerinin enkapsülasyon işleminde dış duvar olarak kullanılmasının 1990’lı senelerden bu yana gerçekleştirildiği belirtilmektedir (Moreau ve Rosenberg, 1993; Young ve diğ., 1993).

Yapılan bir çalışmada PAS proteinleri süt yağının enkapsülasyonunda duvar materyali olarak seçilmiş olup yaklaşık olarak %85 oranında enkapsülasyon verimi yakalanmıştır (Young ve diğ., 1993). Yine aynı kişiler tarafından yapılan bir başka araştırmada ise duvar materyali olarak kullanılan peynir altı suyu proteinlerinin %51’i yerine laktoz kullanımı neticesinde mikroenkapsülasyon veriminin artacağı konusunda aynı fikre varmışlardır. Portakal yağının mikroenkapsülasyonunda kaplama materyali olarak tercih edilen peynir altı suyu proteinlerinin oksidasyona karşı çok iyi bir engel oluşturduğu yapılan çalışmalar sonucu kanıtlanmıştır (Kim ve Morr, 1996).

PAS proteinlerinin enkapsülasyon yeteneklerinin araştırıldığı bir çalışmada, soya yağı enkapsülasyonunda sodyum kazeinata kıyasla daha düşük oranda enkapsülasyon yaptığı kanıtlanmıştır (Faldt ve Bergenstahl, 1996).

PAS proteinlerinin duvar malzemesi olarak en büyük dezavantajı ısıya karşı aşırı duyarlılıkları olduğu ispatlanmıştır (Sliwinski ve diğ., 2003). Doğada yalnızca sütte bulunan kazein, süt proteinleri arasındaki en önemli fraksiyon olup süt proteinlerinin yaklaşık %82’sini oluşturduğu, sodyum kazeinat enkapsülasyonunda duvar materyali olarak kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Kazein ve kazeinatlar, ısıya karşı PAS proteinlerine göre daha duyarlıdır. Fakat yüksek yüzey aktif özelliklerinden dolayı püskürtmeli kurutma da dahil olmak üzere birçok uygulamada emülsifiye edici ajan olarak kullanılabilirliği belirtilmektedir (Pedersen ve diğ. 1998; Hogan ve diğ., 2001; Sliwinski ve diğ., 2003).



Sodyum kazeinatın, soya yağının mikroenkapsülasyonunda, PAS proteinlerine kıyasla daha iyi bir duvar malzemesi olduğu, yüksek mikroenkapsülasyon verimi elde edilerek kanıtlanmıştır (Faldt ve Bergenstahl, 1996). Bu sonuç, diğer araştırma yapan kişilerce de desteklenmektedir (Young ve diğ., 1993).

## 4.MATERYAL VE METOD

### 4.1.Materyaller

Bu çalışmadaki kullanılan peynir altı suyu tozu ve kakao yağı Yıldız Şirketler grubundan temin edildi. Çikolata yapımı için gerekli olan süt (Pınar, İzmir, Türkiye) ve kakao tozu (Dr. Outker, İzmir, Türkiye) marketten temin edildi. Yine çikolata yapımı için gerekli olan lesitin As Kimya'dan (İstanbul, Türkiye) agave şurubu da LifeCo' dan (İzmir, Türkiye) satın alındı. Enkapsülasyonda kullanılan maltodekstrin ise Smart Kimya'dan (İzmir, Türkiye) alındı.

### 4.2.Metod

#### 4.2.1.Peynir altı suyu tozu karakterizasyonu

##### 4.2.1.1. Nem tayini

Peynir altı suyu tozu numunesindeki nem miktarını ve nem miktarı üzerinden kuru madde miktarını belirlemek amacıyla yapıldı. İki paralelli çalışılıp, kurutma kapları sabit tartıma getirildi ve dara not edildi. Kurutma kapları ve kapakları 105 °C'de önceden ısıtılmış etüvde kurutuldu. Desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutuldu ve tartılarak kurutma kaplarının darası alındı (m<sub>1</sub>). Kurutma kaplarına homojen hale getirilen örnekten 5 g alındı. Kurutma kaplarının kapakları kapatılarak ve tartılarak örneğin ağırlığı bulundu (m<sub>2</sub>). 105 °C'de ısıtılan etüve kurutma kapları kapağı açık olarak yerleştirildi. 105 °C'de 2 saat etüvde bekletilen örnekler etüvden alınarak desikatöre konuldu ve oda sıcaklığına gelen kurutma kaplarının tartımı alındı (m<sub>3</sub>) (Metin ve Öztürk, 2002). Numunedeki nem miktarı denklem 1'e göre aşağıdaki şekilde hesaplandı.

$$\% \text{ Nem} = [ (m_2 - m_3) / (m_2 - m_1) ] \times 100 \quad \text{(Denklem 1)}$$

Burada  $m_1$  (g) kurutulmuş boş kurutma kabı ve kapağının ağırlığı;  $m_2$  (g) numune, kurutma kabı ve kapağının toplam ağırlığı ve  $m_3$  (g) ise içinde analiz örneği bulunan kurutma kabı ve kapağının kurutma işleminden sonraki ağırlığıdır.

#### 4.2.1.2. Lowry metodu ile protein tayini

Lowry metodu ile protein tayini, peynir altı suyu tozu (PAS) numunesindeki protein miktarını belirlemek amacıyla yapıldı. Örnek ve standart tüplerine 1 ml protein çözeltisi (25 $\mu$ g/200ml) ve standart çözeltiler, kör tüpüne de 1 ml saf su koyulmuştur.

Tüm tüplere 3 ml C reaktifi eklendi. (C reaktifi 100:1 oranında A ve B reaktifi karışımından oluşturuldu. A reaktifi %2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, %1 NaOH, % 0.16 Na-Ktartarat; B reaktifi ise %4 CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O'dır.) Oda sıcaklığında 30 dakika bekletildi. Tüm tüplere 300  $\mu$ L Folin-Fenol reaktifi vorteksenerek eklendi. Oda sıcaklığında 45 dakika bekletildi. Absorbanslar 550 nm'de köre karşı okundu (Lowry ve diğ., 1951). Protein miktarı EK B'de oluşturulan standart kalibrasyon grafiğinden yararlanarak hesaplandı.

#### 4.2.1.3. Toplam asitlik tayini

%9'luk peynir altı suyundan 10 ml alınarak damıtık su ile 50:50' lik karışım hazırlandı. Karışıma indikatör olarak 4-5 damla %1'lik fenolftalein ilave edildi. En az yarım dakika kalan pembe renk elde edilinceye kadar 0,1 N NaOH ile titre edildi. Numunedeki asitlik miktarı denklem 2'ye göre aşağıdaki şekilde hesaplandı. Bu tayin de iki paralelli yapıldı.

$$\text{Asitlik (\%)} = \frac{V \times 0,009 \times 100 \times SF}{m} \quad \text{(Denklem 2)}$$

Burada;

V= Harcanan sodyum hidroksit, çözeltisinin hacmi (ml),

m=Deney numunesinin ağırlığı (g),

SF = seyreltme faktörü'dür.

#### 4.2.1.4. Kül tayini

Peynir altı suyu tozu numunesindeki inorganik madde miktarını belirlemek amacıyla kül tayini yapıldı. İki paralelli çalışılarak porselen krozeler sabit tartıma getirildi, daraları kaydedildi ve krozelerin içerisine 2 g numune alınarak 550 °C'ye ayarlanabilen kül fırınında porselen krozelerin içerisi tamamen beyaz renge dönüşüncüye dek yaklaşık 4 saat bekletildi. Kül fırınından çıkarılan krozeler desikatöre alınarak soğumaya bırakıldı. Soğuyan krozeler hassas terazide tartılarak numunedeki kül miktarı aşağıdaki denkleme göre hesaplandı.

$$\%Kül = \frac{Kül Mikarı}{Örnek Miktarı} \times 100 \quad (\text{Denklem 3})$$

#### 4.2.2.Kakao yağı karakterizasyonu

Kakao yağının yağ asidi kompozisyonunu belirlemek amacıyla yağ asitlerinin metil esterleri Agilent 7890 A model Gaz Kromatografisinde analiz edildi. Analizde INNOWAX HP-88 (100 m x 0.250 mm x 0.2 µm) kolon ve taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanıldı. Inlet sıcaklığı 250 °C 'ye ayarlandı. Split enjeksiyon yapılmış ve split oranı 1:50 olacak şekilde ayarlandı. Fırın sıcaklığı 120 °C'de 1 dakika tutuldu. Dakikada 10°C'lik artışlarla sıcaklık 175 °C'ye getirildi; bu sıcaklıkta 10 dakika tutularak 5 °C'lik artışlarla 210 °C'ye getirildi. Bu sıcaklıkta 5 dakika tutularak dakikada 5 °C'lik artışlarla 230 °C'ye getirildi. Bu sıcaklıkta da 5 dakika tutularak analiz sonlandırıldı (Çizelge 4.1). Analiz esnasında alev yanmalı dedektör kullanıldı ve sıcaklığı 280 °C'ye ayarlandı Analiz esnasında hidrojen, helyum ve kuru hava gaz karışımından yararlandı. Numune için hacmi 1 µL olan enjeksiyon kullanıldı. Yağ asitlerinin tanımlanması yağ asidi standardı (Sigma Supelco) ile kıyaslanarak gerçekleştirildi.

**Çizelge 4.1 : GC Sıcaklık Programı**

<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>Artış Oranı (°C/dak)</b>	<b>Tutulma Zamanı (dak )</b>
120	-	1
175	10	10
210	0,5	5
230	-	5

#### **4.2.3.Püskürtmeli kurutma işlemi optimizasyonu**

Püskürtmeli kurutucuya verilecek olan emülsiyon örnekleri kakao yağı/maltodekstrin/PAS, kakao yağı/PAS, lesitin/kakao yağı/PAS' nın farklı oranlarda ve farklı kombinasyonlarda hazırlanmasıyla yapıldı. Kakao yağı mikroenkapsülasyonu için püskürtmeli kurutma tekniğinden faydalanıldı. Püskürtmeli kurutma işlemi optimizasyonunda mikroküre üretiminde kullanılacak PAS konsantrasyonu (%5-10) arasında, kakao yağı miktarı 1-25 ml arasında değiştirilerek ve de bazı emülsiyonlarda maltodekstrin ve lesitin kullanılarak farklı kompozisyonlarda emülsiyonlar oluşturuldu. Lesitin kullanılmayan durumlarda solüsyonlar homojenizatörden geçirildi. Oluşturulan emülsiyonlar 160 °C-190 °C arasında değişen sıcaklıklarda ve 16,66 ml/dak-25 ml/dak arasında değişen besleme hızıyla sisteme verilerek kurutuldu (Çizelge 4.2). Püskürtmeli kurutma optimizasyon grafiği EK C'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2 : Emülsiyon Kompozisyonları Ve Püskürtmeli Kurutma Koşulları**

Besleme No	PAS (ml)	PAS (%)	Kakao yağı (ml)	Lesitin (g)	Maltodekstrin (%)	Maltodekstrin (ml)	Püskürtmeli Kurutma Koşulları	
							Sıcaklık (°C)	Besleme Hızı (ml/dak)
1	100	5%	3	-	-	-	160	16,66
2	100	5%	3	0,5	-	-	160	18,75
3	100	10%	5	0,5	-	-	160	18,75
4	100	5%	3	-	-	-	160	18,75
5	100	10%	5	-	-	-	180	16,66
6	100	10%	5	-	-	-	190	18,75
7	100	10%	1	0,5	-	-	180	16,66
8	100	10%	5	0,5	-	-	180	16,66
9	100	10%	10	0,5	-	-	180	16,66
10	100	10%	10	-	-	-	180	18,75
11	100	10%	15	-	-	-	190	18,75
12	100	10%	15	-	-	-	180	25
13	100	10%	10	-	-	-	190	18,75
14	100	10%	10	-	50	20	190	18,75
15	100	10%	10	-	50	40	190	18,75
16	100	10%	20	-	50	40	190	18,75
17	100	10%	25	-	40	30	190	18,75
18	100	10%	25	-	40	40	190	18,75

#### 4.2.4.Kakao yağı içeren mikrokürelerin karakterizasyonu

##### 4.2.4.1.Nem tayini

Püskürtmeli kurutucuda kurutulan mikrokürelerin nem miktarı AnD (Model MX50,İngiltere) cihazıyla yapıldı. Tablaya 1 gram olarak alınan her numune 120°C'ye kadar ısıtılarak nem yüzdesi belirlendi.

##### 4.2.4.2.SEM analizi

Püskürtülerek kurutulmuş parçacıkların boyut ve yüzey morfolojisi taramalı elektron mikroskobu (Philips XL 30S FEG FEI Şirketi, Eindhoven, Hollanda) ile incelendi. Örnekler çift taraflı yapışkan bant kullanılarak bir pirinç bir kısa gövde üzerine sabitlendi ve daha sonra vakum kullanılarak altın ince bir tabaka ile kaplandı.

#### 4.2.5. Çikolata Üretimi

##### 4.2.5.1.Direkt kakao yağı ilavesiyle çikolata üretimi

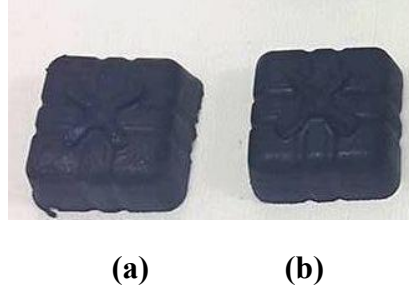
36 °C 'de eritilen 30 g kakao yağının üzerine sırasıyla 20 g kakao tozu, 40 ml süt, 1 g lesitin ve 30 g agave şurubu ilave edildi ve ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda istenilen kıvamda gelene kadar karıştırıldı. Temperleme sıcaklığına dikkat edilerek (30° C, 20 dakika) istenilen kıvamda çikolata üretimi amaçlandı. Daha sonra çikolata kalıplarına alınan çikolata örnekleri yaklaşık olarak oda sıcaklığına gelene kadar bekletildi (Şekil 4.1). Bu sıcaklığa gelen çikolatalar -18°C'ye alındı. 1 gün boyunca -18°C'de bekletilen çikolatalar buzdolabından alınarak kalıplarından çıkarıldı (Şekil 4.2 (a)) ve analizler için buzdolabı sıcaklığında bekletildiler.



Şekil 4.1 : Çikolatanın Kalıplanma Aşaması

#### 4.2.5.2.Kakao yağı içeren mikrokürelerle çikolata üretimi

Kakao yağı yerine kullanılan, enkapsüle edilen kakao yağlarıyla yapılacak çikolata karışım için ise en yüksek verimle elde edilen mikrokürelerden yaklaşık olarak 30 g alındı; kakao yağıyla yapılan çikolata gibi benzer şekilde üretim gerçekleştirildi (Şekil 2(b)). Oda sıcaklığında bekletilen çikolatalar  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de 1 gün boyunca bekletildi.

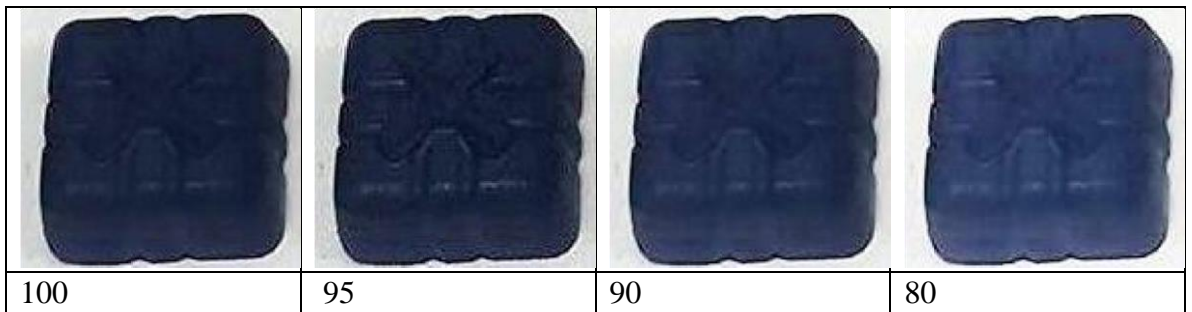


Şekil 4.2 : Çikolata (a)Kakao Yağı İlavesiyle Üretilmiş; (b) Kakao Yağı İçeren Mikroküre İle Üretilmiş

#### 4.2.6.Çikolatada yapılan analizler

##### 4.2.6.1. Gözlemsel yağ kusması takibi

2 ay süresince kalıp çikolatalarda yağ kusması 3 adet eğitilmiş gözlemci ile 100 puan üzerinden Şekil 4.3'teki skala baz alınarak değerlendirildi. Lesitinsiz kakao yağı ilaveli çikolatayla, lesitinli kakao yağı ilaveli çikolata ve yağ hapsedilmiş mikroküreler ile birlikte lesitin ilaveli çikolata  $-18^{\circ}\text{C}$ ' de tutularak haftalık periyotlarla yağ kusması gözlemleri yapıldı.



Şekil 4.3 : Çikolatada yağ kusması değerlendirme skalası



#### 4.2.6.2. Hızlandırılmış Yağ Kusması Analizi

Çikolatalarda yağ kusması uzun depolama süresince söz konusudur. Depolama sürecini denemede simüle etmek için hızlandırılmış yağ kusması analizi yapıldı. Analizler, çikolata numunesinin 30 °C’de eritilip -18 °C’ye dondurulma döngüsünü içermektedir. Analiz süresince günde iki kez olmak üzere bir hafta boyunca numunelerde Lovibond tintometer cihazı ile (Model PFX-880/L,England) renk analizleri yapıldı. Ölçümde küvet ölçüm yüzeyine film şeridi olarak çikolata yüzeyinden alınan kazıntı numune çekildi. Film kalınlığı ve yüzeyi kaplaması optimize edilerek en az 3 tekrarlı ölçüm alındı ve ortalama değerleri kaydedildi. Ölçümlerde negatif kontrol çikolata numunesi de (mikroküre içermeyen çikolata numunesi) kıyaslama amacıyla kullanıldı. Lovibond L\* (lightness) aydınlık değerini vermektedir. Ölçülen bu değerler 0-100 arasında değişmektedir. 0 siyahlığı 100 ise tam beyazlığı gösterirken, +a\* kırmızılığı, -a\* yeşilliği, +b\* sarılığı ve -b\* maviliği göstermektedir. Bir hafta boyunca bu örneklerin yüzeyinden ölçülen L, a, b değerleri yardımıyla beyazlık indeksi (WI) belirlendi (Kumara ve diğ., 2003; Pastor ve diğ., 2007).

$$WI = 100 - [(100 - L)^2 * (a^2) + (b^2)]^{0.5} \quad \text{(Denklem 4)}$$

#### 4.2.6.3. Tekstür analizi

İki farklı çikolata numunesinin (N-1 ve N-2) kırılabilirliğini ölçmek amacıyla tekstür analizi TA.XTplus Texture Analyser cihazıyla (Stable Micro Systems, Surrey, UK) yapıldı. Cihaz, saniyede 500 noktadan olmak üzere uygulanan kuvveti, direnci, mesafeyi ve süreyi kaydederek Exponent 32-bit yazılımı ile data haline getirmektedir. Bu çalışmada, 2 mm kalınlığındaki silindir prob yardımıyla kuvvet uygulandı ve çikolata içerisine probun nüfuz ederek ölçümü gerçekleştirilmesi hedeflendi. Ölçüm sıcaklığı 20°C olarak ayarlandı ve iki paralelli olmak üzere dört saniye zaman aralığı içinde uygulanan kuvvete karşılık gelen gerilim değerleri kaydedildi.

#### **4.2.6.4.Duyusal analiz**

Yapılan duyusal analizde toplam otuz panelistle çalışıldı. Bu panelistler okulda çalışan öğretim üyeleri, yüksek lisans ve doktora öğrencilerinden seçildi. Yapılan duyusal analizde N-1 olarak hazırlanan kakao yağı içeren mikroküre ve lesitin ilavesiyle üretilen çikolata örneği olup, N-2 olarak hazırlanan numune ise kakao yağı ilavesi ve lesitin ile hazırlandı. Duyusal analiz formu EK D’de yer almaktadır. Duyusal analiz sonuçları ‘ANOVA: Tek etken’ yöntemi kullanılarak Excel programında yapıldı.

## 5.BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1.Peynir Altı Suyu Tozu Karakterizasyonu

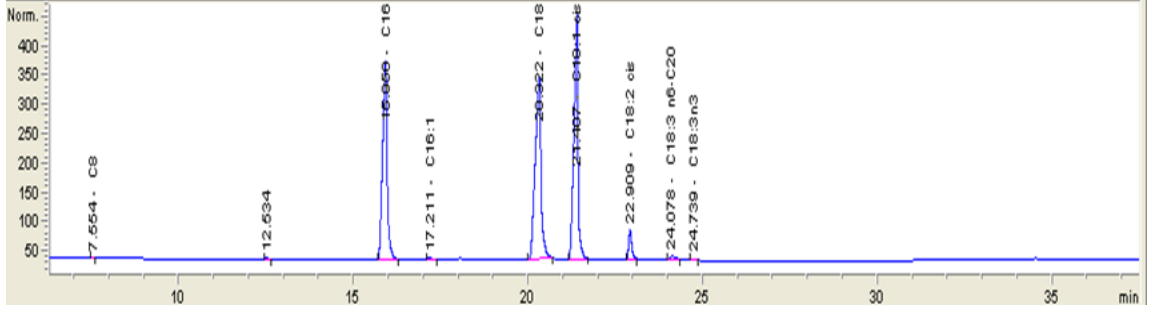
Peynir altı suyu tozunda iki paralelli yapılan analiz sonuçlarının ortalamaları alınarak Henning (1998)'in çalışmasıyla karşılaştırılmıştır ve elde edilen değerlerin standart miktarlara uygun olduğu görülmüştür (Çizelge 5.1). Gıda endüstrisinin kurutulmuş tozlarda (peynir altı suyu tozu gibi) belirlediği nem oranı %3-4 olduğu bilinmektedir (Master, 1991). Balık yağının peynir altı suyuyla kaplanmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada peynir altı suyunun nem miktarı %7,7 olarak hesaplanmıştır. Yüksek nemin depolama stabilitesini etkilediği düşünülmüştür (Legako ve Dunford, 2010). Genellikle yapılan çalışmalarda peynir altı suyunun kaplama materyali olarak kullanıldığı çalışmaların çoğunda nem oranı dışında başka bir karakterizasyona yer verilmemiştir. Yaptığımız sonuçlarla bu nem oranını karşılaştırdığımızda ise standartlara uygun olduğu görülmektedir. Peynir altı suyunun toplam kuru madde içeriğinin çeşitli laktik asit bakterilerinin canlılığının üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada PAS'nın toplam kuru madde miktarı %6,2, protein miktarının %0,8, yağ içeriğinin ise %0,5 ve laktoz %4,7 olduğu görülmüştür (Almeida ve diğ., 2008).

**Çizelge 5.1 : Peynir Altı Suyu Tozu Analiz Sonuçları (%)**

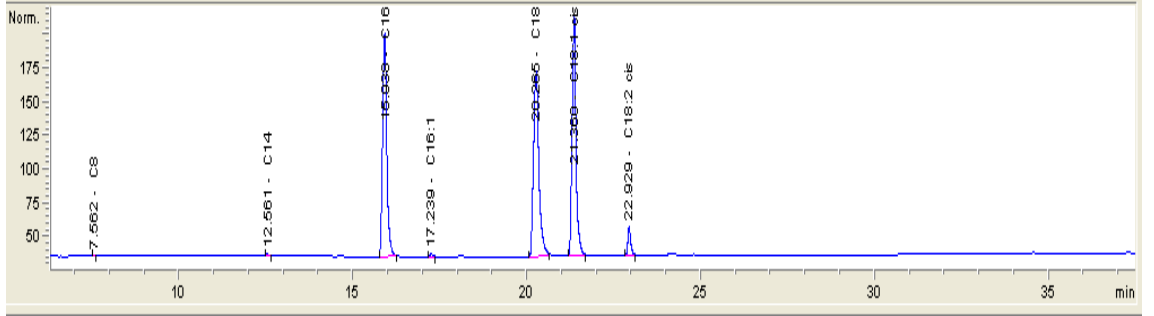
<b>Peynir Altı Suyu Tozu</b>	<b>Miktar (%)</b>	<b>Standart Miktar (%) (Henning,1998)</b>
Toplam Asitlik	1,62	0,2-2
Nem	3,372	3-5
Kuru Madde	96,628	96,5
Kül (K.m.'de)	4,30	0,7-10
Protein(K.m.'de)	13,00	13,10

## 5.2.Kakao yağı Karakterizasyonu

Kakao yağının yağ asidi profili gaz kromatografisinde analiz edilmiştir. İki paralelli olarak yapılan analiz sonucunda elde edilen kromatogramlar Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.1 : Kakao Yağı Yağ Asidi Kromatogramı (1.deneme)



Şekil 5.2 : Kakao Yağı Yağ Asidi Kromatogramı (2.deneme)

Kakao yağının yağ asidi kompozisyonu aşağıda belirtildiği gibidir (Çizelge 5.2). Bu değerlere göre kakao yağının yağ asit kompozisyonunu en fazla palmitik, stearik ve oleik asit oluşturduğu görülmektedir.

**Çizelge 5.2 : Kakao yağının Yağ Asidi Bileşimi ve Miktarları**

<b>Yağ Asidi</b>	<b>Miktar(%)</b>
Palmitik asit	30
Stearik asit	34
Oleik asit	32
Linoleik asit	2,8

Kakao yağının yağ asidi kompozisyonunun ve reolojik uygunluğunun araştırıldığı bir çalışmada palmitik asit miktarının (%28,16), stearik asit miktarının (%21,53), oleik asit miktarının ise (%22,78) olduğu görülmüştür (Zzaman ve diğ., 2014).

### **5.3.Mikrokürelerin Karakterizasyonu**

#### **5.3.1.Parçacık boyutu**

Püskürtmeli kurutucuya verilen emülsiyon örneklerinin (kakao yağı/maltodekstrin/PAS, PAS/kakao yağı, lesitin/kakao yağı/PAS) farklı oranlarda ve farklı kombinasyonlarda hazırlanıp, püskürtmeli kurutucuda kurutulması sonucu oluşan bazı mikrokürelerin, SEM analizi sonucu oluşan görüntüleri üzerinden ölçüm yapılarak boyutlarının 2,60-3,73 µm aralığında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5.3). Emülsiyonlara ilave edilen maltodekstrinle birlikte kürelerin boyutlarında artış olduğu yorumu yapılmıştır.

**Çizelge 5.3 :** Elde Edilen Mikroküre Boyutları ( $\mu\text{m}$ )

<b>Besleme No</b>	<b>Mikroküre Boyutları (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
10	2,60
11	2,80
14	3,18
15	3,34
16	3,20
18	3,73

Kim ve Morr, (1996) yaptıkları bir çalışmada püskürtmeli kurutucuda kurutulan portakal yağının enkapsülasyonu ile ilgili bir çalışmada da duvar materyali olarak kullanılan PAS, SPI ve GA'nın parçacık büyüklüğüne etkisi araştırılmıştır. Püskürtmeli kurutucudaki kurutma sonrası mikrokürelerin parçacık büyüklüklerine göre PAS>SPI>GA sıralandığı görülmüştür.

Ham avokado yağının, peynir altı suyu proteini ve maltodekstrinle enkapsülasyonunun yapıldığı bir çalışmada avokado yağının soğuk ve değişken çevre sıcaklıklarında oksidasyona karşı daha stabil olduğu yapılan çalışmayla kanıtlanmıştır. Belirli oranlarda karıştırılan emülsiyonların püskürtmeli kurutucuya verilmesi sonucu oluşan kürelerin parçacık boyutları Çizelge 5,4'te verilmiştir (Bae. ve Lee, 2008).

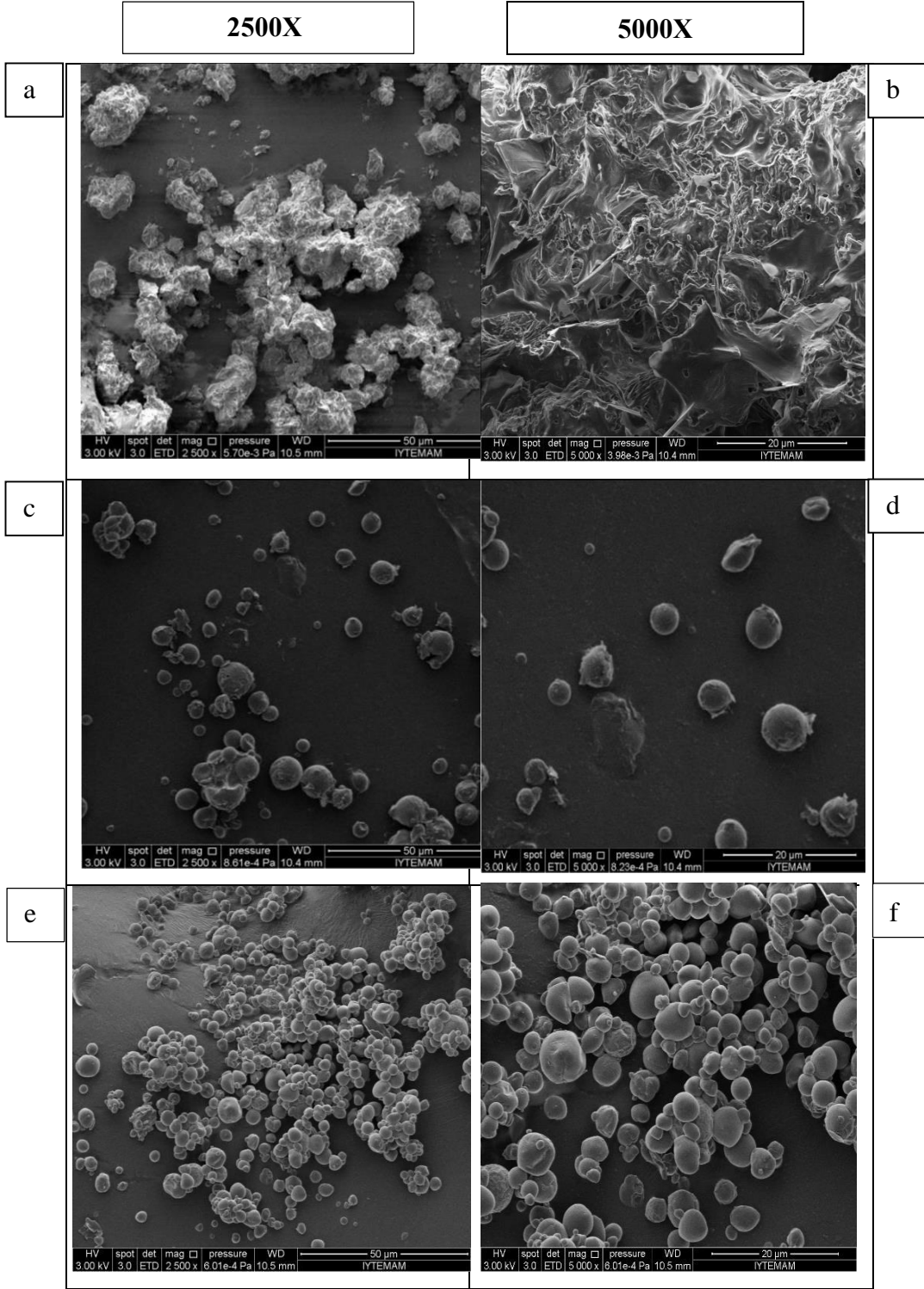
**Çizelge 5.4 :** Farklı Emülsiyonlardan Elde Edilen Mikrokürelerin Parçacık Boyutu

<b>Emülsiyon</b>	<b>Parçacık boyutu (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
PAS 100 ml.	2,27
PAS 90 ml. /MD 10ml.	2,29
PAS 50 ml. /MD 50 ml.	3,10
PAS 10ml. /MD 90ml.	4,01

Bastos ve diğ. (2012) kaju elma suyunu, kitosan ve peynir altı suyu izolatu gibi duvar materyalleriyle kaplayarak, püskürtmeli kurutucu tekniğiyle kurutmuşlardır. Pastörize edilip kurutulan kaju elma suyu içeren mikrokürelerin boyutlarının 0,2-40 µm aralığında, pastörize edilmeden kurutulan kaju elma suyu içeren mikrokürelerin boyutlarının ise 0,2-5 µm aralığında değiştiği görülmüştür.

### **5.3.2.Mikrokürelerin yüzey morfolojisi**

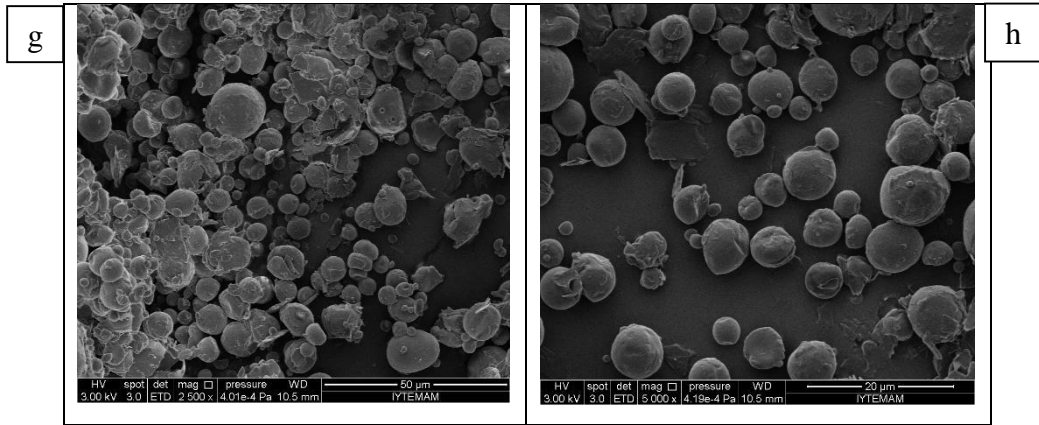
2500 X ve 5000 X büyütülen SEM analizi ile elde edilen görüntüler sonucunda Besleme No 8'de enkapsüle kakao yağlarının tam anlamıyla mikroküre oluşumunu sağlamadığı ve yer yer dağınık yapıların olduğu görülmektedir (Şekil 5.3.(a,b)). Besleme No 11'de kürelerin boyutlarının birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bunların yanında kristalleşmiş kürelere rastlanmıştır. Birbirlerine yakın boyutlarda ve benzerlikte kürelerin oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.3. (c,d)). Besleme No 14'de kürelerde dış yüzeyde pürüzlülük çok fazla görülmemiştir fakat küreler yüzeyinde delik oluşumları gözlemlenmiştir. Kürelerin dış yüzeyinde çatlaklara rastlanmıştır, kristal yapı oluşumları belirlenmiştir. Aglomere yapı oluşumları gözlemlenmiştir (Şekil 5.3. (e,f)). Besleme No 18'de kürelerin dış yüzeyinde çok az pürüzlülük olup başarılı bir mikrokapsül oluşumu gözlemlenmiştir. Düzgün ve stabil yapı oluşumlarına rastlanmıştır (Şekil 5.3 (g,h)).



**Şekil 5.3 :** Mikrokürelerin SEM Görüntüleri (a-Besleme No 8 /2500x), (b- Besleme No 8 /5000x), (c- Besleme No 11 /2500x), (d- Besleme No 11 /5000x), (e- Besleme No 14 /2500x), (f- Besleme No 14 /5000x), (g- Besleme No 18 /2500x), (h- Besleme No 18 /5000x)



### Şekil 5.3 Devamı



#### 5.3.3. Mikrokürelerin nem tayini

Nem tayini yapılan mikrokürelerin sonuçları Çizelge 5.5’ de belirtildiği gibidir. İki paralelli olarak yapılan ve ortalamaları alınan nem tayini değerlerinin %2,12-%4,52 aralığında değiştiği görülmektedir. Püskürtmeli kurutucu denemeleri sonucundaki nem oranının çok yüksek olması istenmez. Çünkü kurutulan numunelerin dayanıklılığı nem oranıyla ilişkilidir. Yüksek nemli ürünlerin raf ömürleri de buna bağlı olarak kısadır. Nem miktarı ürünün topaklanmasını ve ürünün su aktivitesini etkiler. Elde edilen kakao yağı içeren mikrokürelerin nem miktarının, püskürtmeli kurutma sıcaklığının artmasıyla ve maltodekstrin ilavesiyle azaldığı görülmüştür. Maltodekstrinin yüksek su absorblama özelliğinden dolayı bu etkiye neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca sıcaklığın artmasıyla birlikte nem miktarlarında azalış görülmektedir. Yüksek besleme hızıyla yapılan denemelerde nem miktarında artış görülmüştür.

**Çizelge 5.5 : Mikrokürelerin Nem Analizi Sonuçları (%)**

<b>Besleme No</b>	<b>Nem (%)</b>
1	*
2	*
3	*
4	*
5	*
6	4,46
7	3,73
8	3,99
9	4,12
10	4,45
11	4,52
12	4,47
13	3,94
14	3,48
15	3,12
16	2,74
17	2,35
18	2,12

\*Bu koşulda mikroküre elde edilememiştir.

#### 5.4.Püskürtmeli Kurutma Verimi

Püskürtmeli kurutucuda kurutulup elde edilen mikrokürelerin hesaplamaları elde yapıldı. Verim hesabı aşağıdaki Denklem 5’te belirtildiği gibidir.

$$\% \text{ Verim} = \frac{\text{Mikroküre (g)}}{\text{Girdilerin kütlesi(g)}} \times 100 \quad \text{(Denklem 5)}$$

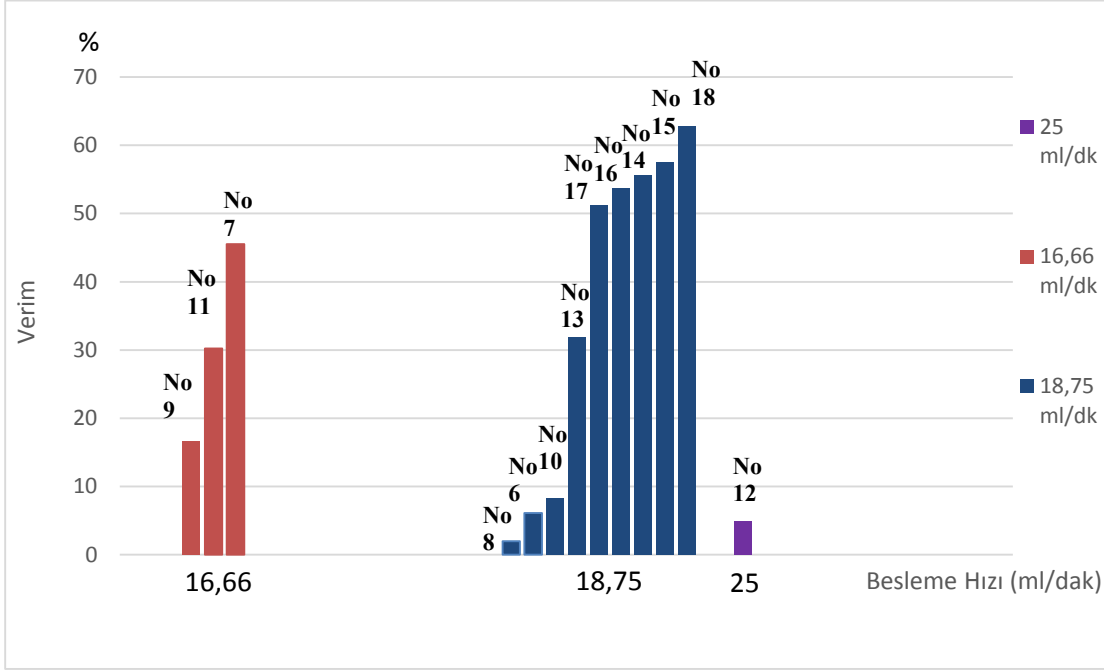
Besleme sırasına göre püskürtmeli kurutucunun besleme hızları (ml/dak), sıcaklık (°C) ve verim(%) değerleri Çizelge 5.6’ da verilmektedir. Besleme hızı/verim arasındaki ilişkiyle sıcaklık/verim arasındaki ilişkiden yola çıkılarak besleme hızı/verim ve sıcaklık/verim grafikleri çizildi (Şekil 5.4 /Şekil 5.5). 16 ml/dak’lık besleme hızıyla sisteme verilen emülsiyonlarının püskürtmeli kurutma etkinliği yani verimi düşük çıkmıştır. Yine emülsiyonların püskürtmeli kurutma verimini arttıracak düşüncesiyle 18,75 ml/dak’lık besleme hızıyla çalışılmıştır. Bu besleme hızında oluşan püskürtmeli kurutma verim hesabı yapılmış ve 16,66 ml/dak’lık besleme hızına göre verim artmıştır. Bir tane deneme amaçlı 25ml/dak’lık besleme hızıyla sisteme verilen emülsiyonun püskürtmeli kurutma veriminde aşırı bir düşüş meydana gelmiştir. Püskürtmeli kurutma verimi açısından düşünüldüğünde en uygun besleme hızının 18,75 ml/dak’da olduğu anlaşılmıştır. Yüksek besleme hızıyla yapılan deneme sonucunda sisteme verilen emülsiyonun sıcak havayla temas süresinin kısa olması nedeniyle püskürtmeli kurutma verimi düşük çıkmıştır.

**Çizelge 5.6 :** Besleme Sırasına Göre Püskürtmeli Kurutucunun Besleme Hızları (ml/dak), Sıcaklık (°C) ve Verim(%) Değerleri

<b>Besleme no</b>	<b>Besleme Hızı (ml/dak)</b>	<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>Verim (%)</b>
1	16,66	160	*
2	18,75	160	*
3	18,75	160	*
4	18,75	180	*
5	16,66	180	*
6	18,75	180	6,12
7	16,66	180	45,52
8	16,66	180	2
9	16,66	180	16,66
10	18,75	180	8,33
11	18,75	190	30,24
12	25	190	5
13	18,75	190	31,8
14	18,75	190	55,55
15	18,75	190	57,52
16	18,75	190	53,71
17	18,75	190	51,3
18	18,75	190	62,72

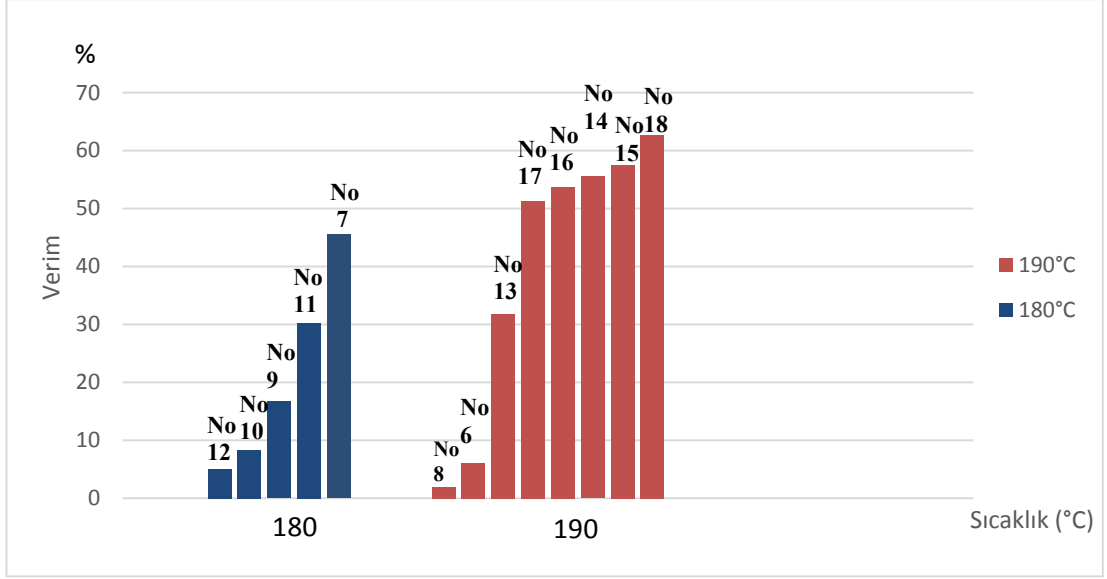
\*Bu koşulda mikroküre elde edilememiştir.

Besleme no 18, hem besleme hızına göre hem de sıcaklığa göre püskürtmeli kurutma veriminin en yüksek olduğu denemedir. Şekil 5.4’de görülen besleme hızının püskürtmeli kurutma verimliliğine etkisinin çizildiği grafikte 25 ml/dak besleme hızının kurutma işleminde verim kaybını arttırdığı görülmüştür. En yüksek püskürtmeli kurutma verimine 18,75 ml/dak’lık besleme hızında ulaşıldığı sonucuna varılmıştır.



**Şekil 5.4 :** Besleme Hızının Püskürtmeli Kurutma Verimliliğine Etkisi

Şekil 5.5’teki grafikte ise sıcaklık artışıyla birlikte püskürtmeli kurutmada verimin arttığı görülmüştür. 160 °C’de yapılan püskürtmeli kurutma denemelerinde kakao yağının tam olarak kurumadığı gözlemlenmiştir. Bu sıcaklığın mikroküre oluşumu için yeterli olmadığı görülmüştür. Besleme hızlarında yine sıcaklık sabit kalacak şekilde kurutma işlemi gerçekleştirilmiş fakat yine olumlu sonuç alınamamıştır. Bu denemelerde sıcaklık ve besleme hızının dışında peynir altı suyu tozunun % kuru madde miktarı değiştirilerek verim alınabileceği düşüncesiyle başka denemeler yapılmıştır. Fakat yine verim alınamamıştır. Sıcaklığın artırılarak verim alınabileceği düşüncesiyle 180 °C’de farklı besleme hızlarıyla tekrar denemeler yapılmış, sıcaklığın artışıyla birlikte verimde de artış olmuştur. Emülsiyonlarda meydana gelebilecek faz ayrımı homojenizatör kullanılarak engellenmeye çalışılmıştır.



**Şekil 5.5 : Sıcaklığın Püskürtmeli Kurutma Verimliliğine Etkisi**

PAS kullanımının enkapsülasyonda püskürtmeli kurutma verimi üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. PAS ile yapılan çalışmaların çoğunda püskürtmeli kurutma verimini arttırdığı görülmektedir. Fakat bizim yaptığımız çalışmada kaplama materyali olarak kullanılan PAS'nun kurutma sonrası verim için yeterli olmadığı görülmüştür. Kakao yağı içeren mikrokürelerin enkapsülasyonunda, kaplama materyali olarak sadece PAS kullanıldığı püskürtmeli kurutma denemelerinde püskürtmeli kurutucu çeperinde meydana gelen yapışmaların fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle kaplama materyali olarak hem maltodekstrin hem PAS kullanılmış ve verimin hızla arttığı tespit edilmiştir. Fakat maltodekstrinin, peynir altı suyunun ya da homojenizasyonun etkisinin bu verim artışında tek başına etkili olduğu düşünülemez. Bunların kombinasyonlu etkinliğinin verim artışında payı olduğu söylenebilmektedir.

Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kaplama materyalinin en önemli parametrelerden biri olduğu söylenebilmektedir. Kaplama materyali olarak çoğunlukla PAS kullanıldığı bilinmektedir.

Yapılan çalışmaların çoğunda duvar materyali olarak peynir altı suyu tozu ya tek başına ya da diğer duvar materyalleriyle kombinasyonlu kullanılmaktadır. Balık yağının sadece peynir altı suyuyla kaplanarak oksidasyon stabilitesinin iyileştirmesine dair bir çalışma yapılmıştır (Legako ve Dunford, 2010). Ayrıca kaplama materyali olarak maltodekstrinin de kullanımı son yıllarda çalışmalarda görülmektedir. Dinç ve diğ. (2012) gilaburunun ısı, ışık, nem gibi ortam koşullarından etkilenecek bozulmasını engellemek, başka ürünlere ilave edilebilirliğini kolaylaştırmak ve gilaburu suyunun keskin kokusunu maskeleyerek amacıyla farklı sıcaklık ve farklı oranlarda maltodekstrin kullanarak püskürtmeli kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyon işlemini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda maltodekstrinin sıcaklıkla paralel olarak artışıyla birlikte nem miktarında düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca ham avokado yağının, peynir altı suyu proteini ve maltodekstrinle mikrokapsülasyonu soğuk ve değişken çevre sıcaklıklarında oksidasyona karşı daha stabil olduğu yapılan çalışmayla kanıtlanmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen püskürtmeli kurutma veriminin %45-66 arasında olduğu görülmüştür (Bae. ve Lee, 2008). Portakal yağının enkapsülasyonu ile ilgili bir çalışmada da duvar materyali olarak kullanılan SPI, GA ve PAS'nun portakal yağını mikrokapsülleme verimliliği sırasıyla %85,7, %75,9 ve %72,7 olarak hesaplanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada kekik (*Origanum vulgare* L.) , citronella (*Cymbopogon nardus* G.) ve tatlı mercanköşk (*Majorana hortensis* L.)'ün esansiyel yağları yağsız süt tozu ve peynir altı suyu tozu ile kaplanarak elde edilen mikrokürelerin püskürtmeli kurutmadaki verimine bakılmıştır. Kaplama materyalleri farklı kombinasyonlarda uygulanarak verimleri hesaplanmıştır. Kaplama materyali olarak kullanılan yağsız süt tozunun, yine kaplama materyali olarak kullanılan peynir altı suyu tozuna oranla kurutma verimliliğinin daha fazla olduğu görülmüştür. Kaplama materyali olarak kullanılan yağsız süt tozunun kekik için verimi %80,2, peynir altı suyu tozu kullanıldığında verim %71,8 olarak hesaplanmıştır.

Citronella için yağsız süt tozu ile kaplanması sonucu oluşan püskürtmeli kurutma verimi % 69,4 iken yine kaplama materyali olarak kullanılan peynir altı suyu tozunda püskürtmeli kurutma veriminin %65,8 olduğu tatlı mercan köşkünde yağsız süt tozuyla yapılan enkapsülasyonun püskürtmeli kurutma veriminin %67,9 ve peynir altı suyuyla yapılan enkapsülasyonun püskürtmeli kurutma veriminin ise verimi % 54.3 olduğu görülmüştür. Buradan yola çıkılarak peynir altı suyunun da kaplama materyali olarak kullanılmasının verimi arttırdığı görülmektedir (Baranauskiene ve diğ., 2006).

Shen ve Quek (2014) bir karotenoid olan astaksantin mikrokapsülasyonu ile ilgili bir çalışma yapmış ve kaplama materyali olarak süt proteini (peynir altı suyu protein izolatu ve sodyum kazeinat), karbonhidrat olarak da çözünebilir mısır lifini kullanmışlardır. Sonuçlar göstermiştir ki astaksantin stabilitesini ve gıda sistemlerine uygulanabilirliğini arttırmıştır. Her iki kaplama materyaliyle de püskürtmeli kurutma veriminin %95 olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada uygulanan sıcaklık parametreleri 160 °C, 170 °C ve 180 °C, besleme akış hızı 33,3 ml/dak olduğu belirtilmiştir. Yağ enkapsülasyonu ile alakalı bir diğer çalışmada da 174-188 °C arasında giriş sıcaklığında püskürtmeli kurutucuda kurutulan 8 farklı emülsiyonun 57,6 g/dak sabit bir oranda en az 30 dakika boyunca püskürtülmesi sonrasında özellikleri incelenmiştir. Kaplama materyali olarak akasya gamı ve maltodekstrin kullanılmıştır. 8 farklı emülsiyondan en az 300 g üretilmiştir. Sadece akasya gamı ile kaplanan yağ içeren mikrokürelerin verim %65-%69 arasında değişirken, akasya gamı ve maltodekstrinin kombinasyonu ile kaplanan mikroküre verimi %74 olarak hesaplanmıştır. Maltodekstrin ilavesiyle birlikte verimin arttırıldığı görülmüştür. Elde edilen mikroküre çaplarının ise 10-50 µm olduğu görülmüştür (Turchiuli ve diğ., 2014). Bastos ve diğ. (2012) kaju elma suyunu, kitosan ve peynir altı suyu izolatu gibi duvar materyalleriyle kaplayarak, püskürtmeli kurutucu tekniğiyle kurutmuşlardır. Kurutma için uygulanan sıcaklık parametresi 185°C, besleme akış hızı 17,4 ml/dak'dır. Bu mikrokürelerin verimi yaklaşık olarak %55,26'dır. Kaju elma suyunun pastörize edilip kurutulmasıyla elde edilen mikrokürelerle, pastörize edilmeden kurutulan mikrokürelerin depolama süresi boyunca fizikokimyasal yapısını ve parçacık boyut değişimi karakterize edilmiştir.



## 5.5.Çikolatada Yapılan Analizler

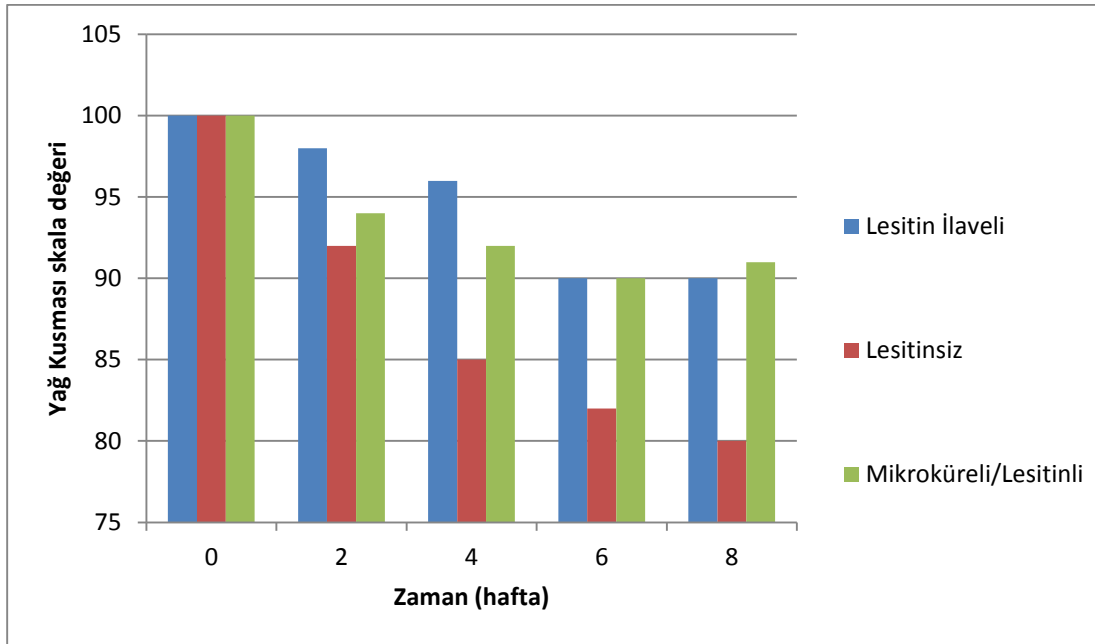
### 5.5.1.Yağ kusması analizleri

#### 5.5.1.1.Gözleme dayalı yağ kusması analizleri

Çikolata numunelerinde yağ kusması analizi 2 haftalık periyotlarda 2 ay süresince gözleme dayalı oluşturulan skala ile değerlendirilmiştir. Çizelge 5.8 ve Şekil 5.6 gözlem sonuçlarını göstermektedir.

**Çizelge 5.7 :** Gözleme Dayalı Yağ Kusması Skala Değerleri

Numune	Zaman (hafta)				
	0	2	4	6	8
Lesitin ilaveli	100	98	96	90	90
Lesitinsiz	100	92	85	82	80
Mikrokürelil/Lesitinli	100	94	92	90	91



**Şekil 5.6 :** Gözleme Dayalı Yağ Kusması Analizi Değerlendirmesi

Yağ kusmasının en fazla söz konusu olduğu numune lesitinsiz çikolatadır. Lesitin ilavesi çikolatanın görünüşünü yağ kusmasından ötürü ciddi şekilde iyileştirmektedir. Bu durum beklenen bir sonuçtur, çünkü lesitin emülgatör görevi gördüğünden yağın su fazı ile etkili bir şekilde etkileşimini gerçekleştirir.

Bununla birlikte lesitin yağ kristalizasyonunda çekirdeklenmeye neden olduğu belirtilmektedir (Svanberg ve diğ., 2011). Böylece yağ globülleri kristalize olup çikolata içerisinde migrasyonu sınırlanmakta ve yağ kusması kısmen de olsa engellenmektedir. Mikroenkapsülasyon ile bu çalışmada kakao yağı enkapsüle edilmeye çalışılmıştır. Enkapsüle kakao yağı ile elde edilen çikolata numunelerinde ise yağ kusması lesitin ilaveli çikolata görüntüsüne çok yakın sonuçlar vermektedir.

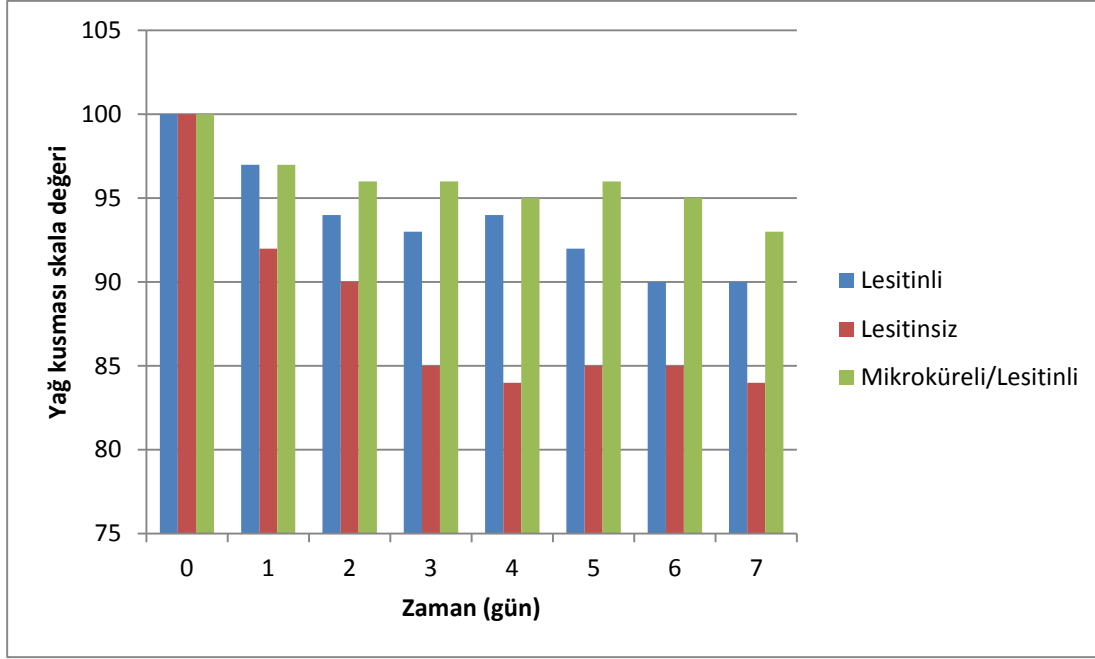
Mikrokürel çikolatada yağ kusması 1 ay sonunda “94” skala değeri ile değerlendirilmiş ve sonraki bir ay içerisinde de bu değere yakın kalarak sabitlenmiştir. Bu sonuç, yağ globüllerinin etkin bir şekilde peyniraltı suyu-maltodekstrin kapsülasyonu ile gerçekleştiğini göstermektedir. Kakao yağı çikolata içerisinde homojen dağılım göstermiş, deneme sürecinde migrasyonu engellenmiştir. Böylece çikolata görüntüsü iki ay boyunca korunmuştur.

#### 5.5.1.2.Hızlandırılmış yağ kusması analizleri

Gözleme dayalı yağ kusması sonuçlarındaki başarının daha uzun depolama şartlarında da irdelenmesi önemlidir. Bu nedenle hızlandırılmış yağ kusması denemeleri yapılmıştır. Hızlandırılmış yağ kusması denemesinde gözleme dayalı skala değerlendirmesi Çizelge 5.9 ve Şekil 5.7’da gösterilmiştir ve önceki yağ kusması denemesine paralel sonuçlar elde edilmiştir.

**Çizelge 5.8 :** Hızlandırılmış Yağ Kusması Testinde Gözleme Dayalı Skala Analizi Değerleri

Numune	Zaman (gün)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Lesitinli	100	97	94	93	94	92	90	90
Lesitinsiz	100	92	90	85	84	85	85	84
Mikrokürel/Lesitinli	100	97	96	96	95	96	95	93



**Şekil 5.7 :** Hızlandırılmış Yağ Kusması Testinde Gözleme Dayalı Değerlendirme

Yine lesitinli çikolatada lesitin, hızlandırılmış yağ kusması denemesinde önemli etkiye sahiptir. Lesitinsiz numunede önemli kalite kaybı gözlenirken, lesitin, yağ globüllerinin kristalize olmasındaki etkisi nedeni ile yağ kusmasını engellemektedir. Mikroküre ilaveli çikolatada da benzer etkiler söz konusudur. Çikolatanın süratle tekrarlı olarak eritilmesi ve tekrar -18 °C’ de dondurulması gibi şiddetli şartlarda dahi yağ kusmasının engellendiği sonucuna varılabilir. PAS ve maltodekstrin yapısı ile elde edilen enkapsüle kakao yağı zor şartlarda direnç göstermekte ve parçalanarak yağ globüllerinin birleşmesini engellemektedir. Elde edilen çikolata daha yoğun formunu korumakta ve yağ globüllerinin migrasyonu engellenmektedir. Görsel skala ile değerlendirilen yağ kusması, Lovibond skalası ile de L, a, b ve beyazlık indeksi (WI) değerleri ile doğrulanabilir. Lovibond tintometresinde, günde iki kez yapılan ve günlük ortalamaları alınan numunelerin L\*,a\*,b\*, WI değerleri Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11’de verilmiştir. Yapılan renk analizi sonuçlarına göre lesitinli veya lesitinsiz çikolatanın beyazlık indeksinin enkapsüle kakao yağı küreleriyle üretilen çikolataya oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Buradan da anlaşılacağı üzere yağ kusması testi sonucunda yapılan renk analizine göre kakao yağı içeren mikrokürelerle üretilen çikolatanın yağ kusmasına dayanıklılığının kakao yağı ilaveli olana oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 5.9 :** (N-2) Kakao Yağı İlavesiyle Üretilen Çikolatanın Oda Sıcaklığında Bakılan L\*,a\*,b değerleri

Zaman (gün)	L*	a*	b*	WI
1	11,37	7,65	12,66	10,17
2	11,45	7,55	12,8	10,21
3	11,83	7,77	12,88	10,55
4	12,91	9,025	13,57	11,39
5	12,94	8,68	13,22	11,51
6	13,65	8,81	13,19	12,25
7	14,1	8,87	13,30	12,66

**Çizelge 5.10 :** (N-1) Kakao Yağı İçeren Mikrokürelerle Üretilen Çikolatanın Oda Sıcaklığında Bakılan L\*,a\*,b değerleri

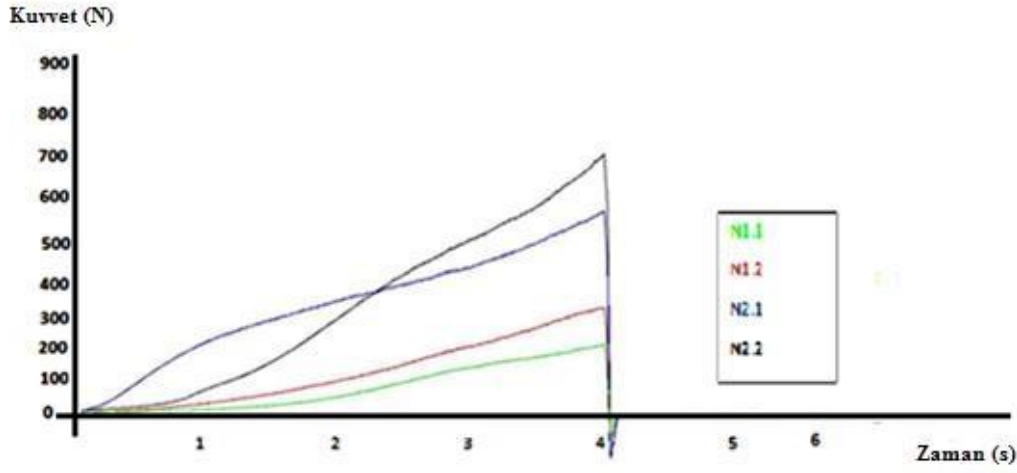
Zaman (gün)	L*	a*	b*	WI
1	10,05	1,38	2,11	9,99
2	10,09	1,41	2,13	10,06
3	10,20	1,53	2,25	10,16
4	10,34	1,64	2,38	10,30
5	10,39	1,77	2,46	10,31
6	10,44	1,8	2,50	10,39
7	11,23	2,1	2,32	11,17

### 5.5.2. Tekstür analizi

Tekstür analizi sonucunda örneklerin 4 sn. zaman aralığında uygulanan kuvvete karşılık gelen değerler kaydedilmiştir (Çizelge 5.12) ve bu değerler üzerinden ‘’kuvvet (N)- zaman(s)’’ grafiği çizilmiştir (Şekil 5.8).

**Çizelge 5.11** : Numunelerin Gerilim-Direnç Değerleri

Numune	Kuvvet (N)		
	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ortalama
Mikroküre ile üretilen çikolata	340	200	270
Kakao yağı ilaveli çikolata	840	650	745



**Şekil 5.8** : Numunelerin Gerilim- direnç grafikleri; N1: Mikroküre ile üretilen çikolata; N2: Kakao yağı ilaveli çikolata (T 20 °C, 10N/4s)

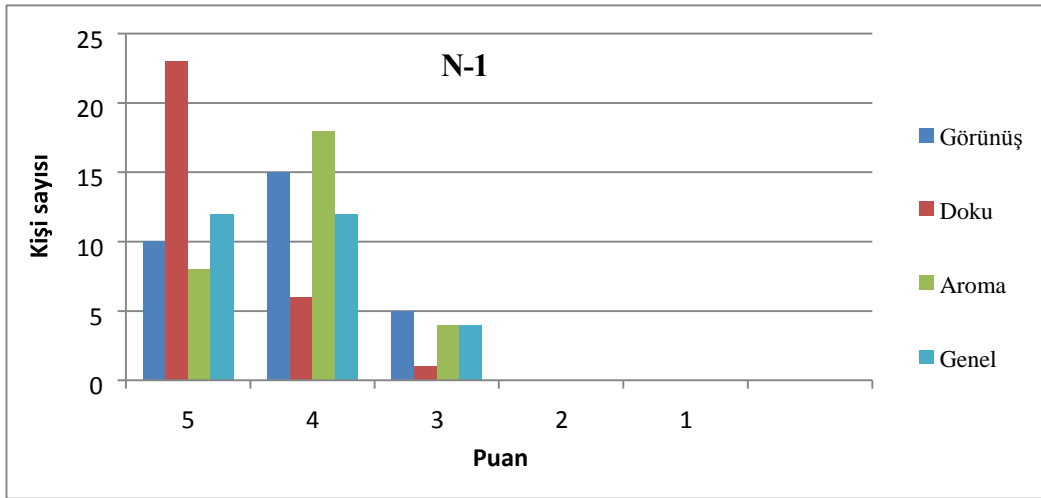
Elde edilen iki örnek arasında kakao yağı içeren mikroküre ile üretilen çikolatanın kırılabilirliğinin daha fazla olduğu buna karşın yoğunluğunun daha az olduğu söylenebilir. Mikrokürelili çikolata oda sıcaklıklarında formunu kaybetmekte ve dolayısıyla gerilime daha az dirençli bir yapı sergilemektedir. Bu özellik çikolataya gam arabik, karagenan, jelatin vb. gibi hem kıvamı sağlayıcı hem de elastikiyeti artırıcı ajanlar ilave edilerek artırılabilir. Böylece yapı içerisindeki su adsorpsiyonu ve migrasyonu kontrol edilerek elastikiyet sağlanabilir. Ancak, kırılabilirliği arttırmak için proses parametrelerini (temperleme sıcaklık, süre v.b.) ayarlamak gereklidir.

### 5.5.3.Duyusal analiz

N-1 ve N-2 için, 30 kişiyle yapılan duyu analizi sonucunun değerlendirilmesinde ek-3’de verilen duyu analizi formundan yararlanılmıştır. Bu form üzerinde 1’den 5’e kadar puan açıklaması belirtilmiş olup, kişiler bu puanlamalara göre değerlendirme yapmışlardır. N-1 için kişilerin verdiği puanlar Çizelge 5.13’ de belirtilen şekilde olup görünüş için 10 kişi 5 puan, 15 kişi 4 puan, 5 kişi 3 puan vermiştir. Doku için 23 kişi 5 puan, 6 kişi 4 puan 1 kişi 3 puan vermiştir. Aroma için 8 kişi 5 puan, 18 kişi 4 puan, 4 kişi de 3 puan vermiştir. Görünüş, doku ve aroma için 1 ve 2 puan verilmemiştir. Şekil 5.9’ dan da anlaşılacağı üzere görünüş doku ve aroma arasında gözle görülebilir farklılıkların olduğu görülmektedir.

**Çizelge 5.12 : Kişi Sayısına Göre Organoleptik Değerlendirme (N-1 için)**

N-1 Puan	Görünüş Kişi Sayısı	Doku Kişi Sayısı	Aroma Kişi Sayısı	Genel olarak Kişi Sayısı
5	10	23	8	12
4	15	6	18	12
3	5	1	4	4
2	0	0	0	0
1	0	0	0	0

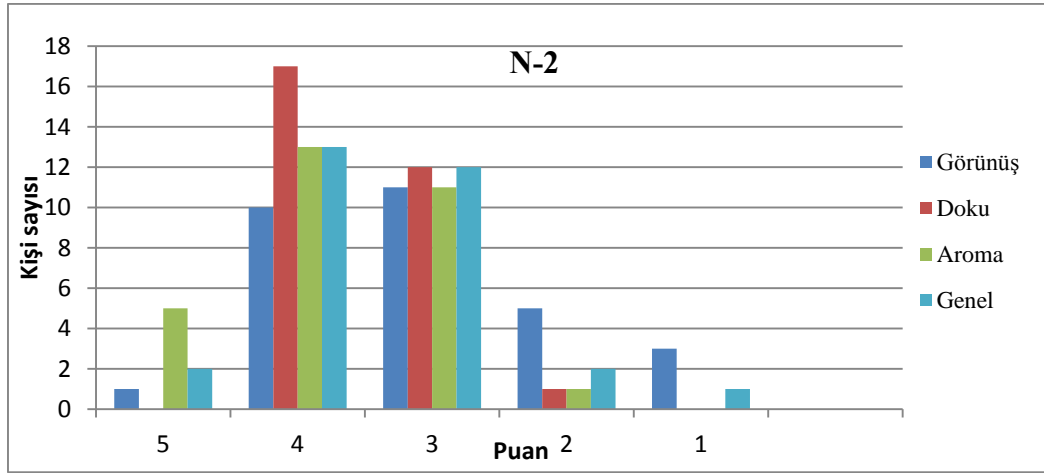


**Şekil 5.9 : N-1 için Duyusal Analiz Değerlendirme**

N-2 için kişilerin verdiği puanlar çizelge 5.14' de belirtilen şekilde olup görünüş için 1 kişi 5 puan, 10 kişi 4 puan, 11 kişi 3 puan, 5 kişi, 2 puan, 3 kişi 1 puan vermiştir. Doku için 17 kişi 4 puan 12 kişi 3 puan, 1 kişi 2 puan vermiştir. 1 puan kimse vermemiştir. Aroma için de 13 kişi 5 puan, 13 kişi 4 puan, 11 kişi de 3 puan, 1 kişi 2 puan vermiştir. 1 puan kimse vermemiştir Şekil 5.10'dan da anlaşılacağı üzere görünüş doku ve aroma arasında yakın değerlendirmeler yapılmış olup gözle görülebilir farklılığın olmadığı anlaşılabilmektedir.

**Çizelge 5.13 : Kişi Sayısına Organoleptik Değerlendirme (N-2 için)**

N-2	Görünüş	Doku	Aroma	Genel olarak
Puan	Kişi Sayısı	Kişi Sayısı	Kişi Sayısı	Kişi Sayısı
5	1	0	5	2
4	10	17	13	13
3	11	12	11	12
2	5	1	1	2
1	3	0	0	1



**Şekil 5.10 : N-2 için Duyusal Analiz Değerlendirme**

Duyusal analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kesin sonuç alabilmek adına ANOVA testinden yararlanılmıştır. ANOVA testinde %95 güven aralığında çalışılmış olup, her iki numune için de ayrı ayrı görünüş, doku ve aromanın ortalamaları, standart sapmaları, F değeri, ortalama kareler toplamı hesaplanmıştır.

N-1 için ise yine aynı şekilde  $F > F_k$  ( $7,48485 > 3,101296$ ) olduğundan görünüş, doku ve aroma arasında belirli farkların olduğu analiz sonuçlarının değerlendirilmesiyle belirlenmiştir (Çizelge 5.15).

N-2 için; gruplar arasında  $F_k > F$  ( $3,101296 > 1,82106$ ) olduğundan görünüş, doku ve aroma içerisinde gözle görülebilir bir fark olmadığı Anova testiyle anlaşılmıştır (Çizelge 5.16).

Panelistler tarafından değerlendirilen duyuusal analiz sonucunda ortalamalar sonucunda N-1'in N-2'ye oranla görünüşün daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Aroma ve dokunun değerlendirilmesinde ise ortalama olarak bakıldığında N-1'in yine N-2'ye oranla daha fazla beğenildiği görülmüştür. Aroma ve dokudaki farklılığın görünüşteki farklılıktan daha fazla olduğu sonuçlarla doğrulanmıştır. Duyusal analizle birlikte iki örnek arasındaki görünüş, doku ve aroma farklılıkları karşılaştırılmıştır.



**Çizelge 5.14:** N-1 için Anova Testi Sonucu

Anova: Tek Etken

ÖZET

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
Görünüş	30	125	4,16667	0,48851
Doku	30	142	4,73333	0,27126
Aroma	30	128	4,26667	0,34023

ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar Arasında	5,488888889	2	2,74444	7,48485	0,001	3,1013
Gruplar İçinde	31,9	87	0,36667			
Toplam	37,38888889	89				

**Çizelge 5.15:** N-2 için Anova Testi Sonucu

Anova: Tek Etken

ÖZET

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
Görünüş	30	91	3,03333	1,06782
Doku	30	104	3,46667	0,3954
Aroma	30	95	3,16667	0,97126

ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar Arasında	2,95556	2	1,47778	1,82106	0,16797	3,1013
Gruplar İçinde	70,6	87	0,81149			
Toplam	73,5556	89				



## 6.SONUÇ

Mikroenkapsülasyon teknolojisi uzun yıllardan beri birçok alanda kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde ise son yıllarda çok fazla kullanılmaya başlanmıştır. Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kaplama materyali onun işlevini ve verimini etkilemektedir. Mikroenkapsülasyonda en önemli kurutma yöntemlerinden birisi de püskürtmeli kurutucudur. Bu yöntem mikroenkapsülasyon etkinliği ve mikrokapsül stabilitesi için önem arz etmektedir. Çikolatadaki yağ kusması sanayide karşılaşılan en büyük sorunlardan birisidir. Çikolatada meydana gelen yağ kusması çikolatada hem yüksek çevre ısısından hem de yağ kristallerinin içten çikolata kabuğuna geçmesiyle meydana gelmektedir. Bu sorundan dolayı çikolatanın yüzeyi parlak olmaz ve yüzeyde sıkça beyaz lekelenmeler görülebilmektedir. Bu çalışmada kakao yağının mikroenkapsülasyonu ile birlikte çikolatadaki yağ kusmasının önlenmesi amacıyla yeni bir yaklaşım öne sürülmüştür. Bu kapsamda optimizasyon çalışmaları yapılmış, püskürtmeli kurutucuya verilecek olan emülsiyon örnekleri; kakao yağı/maltodekstrin/PAS, PAS/kakao yağı, lesitin/kakao yağı/PAS'nın farklı oranlarda hazırlanmasıyla elde edilmiştir. Hazırlanan farklı emülsiyonlar püskürtmeli kurutucuda 160°C-190 °C arasında sıcaklık ve 16,66 ml/da-25 ml/dak arasında besleme hızıyla kurutulmuştur. Denemeler sonucunda elde edilen mikrokürelerin verimleri hesaplanmış ve analizleri yapılmıştır. Püskürtmeli kurutma veriminin en yüksek olduğu optimizasyon koşullarının 190 °C sıcaklık, 25 ml/dak besleme hızında yapıldığı; hazırlanan emülsiyonun ise %10 PAS, 25 ml kakao yağı ve % 40 maltodekstrin içerdiği belirlenmiştir. Bu mikroküreler çikolata üretiminde kullanılarak yağ kusması üzerine testler yapılmıştır. Çikolatalarda yapılan gözleme dayalı yağ kusması ve hızlandırılmış yağ kusması analizi sonucunda N-1 numunelerinin yağ kusması değerlerinin N-2 numunesinin görüntüsüne çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Lesitinsiz üretilen çikolatanın ise yağ kusması değerinin diğeri iki numuneye (N-1 ve N-2) göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu yapılan çalışmayla birlikte yağ globüllerinin biraraya gelmesinin engellenerek çikolata yüzeyinde yağ kusması oluşumunun önlenebileceği düşünölmektedir.

## KAYNAKLAR

- Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M., Vieira, J.** (2009). Fat bloom development and structure-appearance relationships during storage of under-tempered dark chocolates. *Journal of Food Engineering*. Cilt 91, Sayı 4, Sf. 571-581
- 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*. Cilt 87, Sayı 2, Sf. 181-190.
- Alexander, J.R.** (1992). Maltodextrins; production, properties and applications in starch hydrolysis products. *Schenck EW, Hebeda RE, Eds., VCH, New York.*
- Ali, A., Selamat, J., Che Man, Y.B., Suria A.M.** (2001). Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filled dark chocolate, *Food Chemistry*. Cilt 72, Sayı 4, Sf. 491-497.
- Almeida, K.E., Tamime, A.Y., Oliveira M.N.** (2009). Influence of total solids contents of milk whey on the acidifying profile and viability of various lactic acid bacteria. *Food Science and Technology*. Sayı 42, Sf. 672-678.
- Bae, E. K. ve Lee, S. J.** (2008). Microencapsulation Of Avocado Oil By Spray Drying Using Whey Protein And Maltodextrin. *Journal Of Microencapsulation*, December. Cilt 25, Sayı 8, Sf. 549- 560
- Baik, M. Y., Suhendro, E. L., Nawar, W. W., McClements, D. J., Decker, E. A., Chinachoti, P.** (2004). Effects of antioxidant and humidity on the oxidative stability of microencapsulated fish oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* Sayı 81, Sf. 355-360.
- Batu, A., Thompson, K., Ghafir, S.A.M., Rahman, A.** (1997). Minolta ve Hunter Renk Ölçüm Aletleri İle Domates, Elma ve Muzun Renk Değerlerinin Karşılaştırılması. *Gıda Derneği* Cilt 22, Sayı 4, Sf. 301-307.
- Beristain, C.I., Vazquez, A., Garcia, H.S., Vernon-Carter, E.J.** (1996). Encapsulation of orange peel oil by cocrystallization. *Lebensm.-Wiss. Technol.* Sayı 29, Sf. 645-647.
- Bouzas, J. ve Brown, B.D.,** (1995). Ingredient Interactions: Effects on Food Quality "Interactions Affecting Microstructure Texture and Rheology of Chocolate Confectionery Products" Edited by Anilkumar G. Gaonkar, Sf. 451-528.
- Carino, G. P., Jacob, J. S., & Mathiowitz, E.** (2000). Nanosphere based oral insulin delivery. *Journal of Controlled Release*. Sayı 65, Sf. 261-269.
- Cerimedo, M. S. A., Cerdeira, M., Candal, R. J., Herrera, M. L.** (2008). Microencapsulation of low-trans fat in trehalose as affected by emulsifier type. *J. Am. Oil Chem. Soc.* Sayı 85, Sf. 797-807.

- Charles, M., Bernal, B., & Guichard, E.** (1996). In A. J. Taylor & D. S. Mottram (Eds.), *Developments in flavour science*. London, UK: *Royal Society of Chemistry* Sf.433.
- Chiu, Y. T., Chui, C. P., Chien, J. T., Ho, G. H., Yang, J. and Chen, B. H.** (2007). Encapsulation of lycopene extract from tomato pulp waste with gelatin and poly( $\gamma$ -glutamic acid) as carrier. *J. Agric. Food Chem.* Sayı 55, Sf. 5123-5130.
- Chronakis, L.S.** (1998). On the molecular characteristics, compositional properties and structural-functional mechanisms of maltodextrins. *Critical Reviews in Food Science.* Sayı 38, Sf. 599-637.
- Curtis, J. M., Berrigan, N. ve Dauphinee, P.** (2008). The determination of n-3 fatty acid levels in food products containing microencap. fish oil using the one-step extraction method. Part 1: Measurement in the raw ingredient and in dry powdered foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* Sayı 85, Sf. 297–305.
- Dahlenborg, H., Millqvist-Fureby, A. , Bergenståhl, B.** (2015). Effect of particle size in chocolate shell on oil migration and fat bloom development. *Journal of Food.* Sayı 146, Sf. 172–181.
- Daniele da Silva Bastos, Maria do Pilar Goncalves, Cristina Tristão de Andrade, Kátia Gomes de Lima Araújo, Maria Helena Miguez da Rocha Leão.** (2012). Microencapsulation of cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) juice using a new chitosan–commercial bovine whey protein isolate system in spray drying. *Food And Bioproducts Processing.* Sayı 90, Sf. 683– 692.
- Desai, K. G. H. ve Park, H. J.** (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Dry. Technol.* Sayı 23, Sf. 1361–1394.
- DeZarn, T. G.** (1995). Food ingredients encapsulation: An overview. In S. J. Risch & G. A. Reineccius (Eds.), *Encapsulation and controlled release of food ingredients. ACS symposium series.* Cilt 590, Sf. 74–86.
- Diñç, M., Aslan, D., İçyer, N.C., Çam,M.** (2012). Gilaburu Suyunun Mikroenkapsülasyonu. *Electronic Journal of Food Technologies.* Cilt 7, Sayı 2, Sf. 1-11.
- Foakwa, 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.* Sayı 44, Sf. 111-119.
- Gouin, S.** (2004). Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends Food Sci. Tech.* Sayı 15, Sf. 330–347.
- Gülbay, S.** (2008). The effects of storage and process conditions on fat bloom formation in chocolate/ Depolama ve proses şartlarının çikolatada yağ kusmasına etkisi. *Yükseklisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.*
- Hall, H.S. ve Pondell, R.E.** (1980). 'The Wurster process' in Controlled Release Technologies: *Methods, Theory and App.* Vol. II, (Kydonieus, A.F. ed), Sf. 133-154, CRC Press, Florida.
- Hammond, E., Gedney, S.** (1999). Fat Bloom and Migration United Biscuits(UK) Ltd.

- Heinzelmann, K., Franke, K., Jensen, B. and Haahr, A.** (2000). Protection of fish oil from oxidation by microencapsulation using freeze-drying techniques. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* Sf. 114–121.
- Henning D. R.,** (1998). Fermented By-Products, In Applied dairy microbiology, edited by Elmer H. Marth, James L. Steele (Marcel Dekker, Inc, New York,) Sf. 251-258.
- Hodge, S.M., and Rousseau, D.** (2002) Fat Bloom Formation and Characterization in Milk Chocolate Observed by Atomic Force Microscopy, *J. Am. Oil Chem. Soc.* Sayı 79, Sf. 1115–1121.
- Janes, K. A., Calvo, P., ve Alonso, M.** (2001). Polysaccharide colloidal particles as delivery systems for macromolecules. *Journal of Advanced Drug Delivery Review*, Sayı 47, Sf. 83–97.
- Karel, M. and Langer, R.** (1988). Controlled release of food additives. In: Flavour Encapsulation (edited by S.J. Risch & G.A. Reineccius). Sf. 177–191. *ACS Symposium Series 370. Washington, DC: American Chemical Society.*
- Kennedy, J.F., Cabral, J.M.S., SaCorreia, I. ve White, C.A.** (1987). Starch biomass: A chemical feedstock for enzyme and fermentation processes, in Starch: properties and potential. Galliard T, Wiley EJ, Chichester S. UK, Sf. 115.
- Keogh, M. K. and O’Kennedy, B.** (1999). Milk fat microencapsulation using whey proteins. *Int. Dairy J.* Sayı 9, Sf. 657–663.
- Kınık, Ö., Kavas, G., Yılmaz, E.** (2003). Mikroenkapsülasyon tekniği ve süt teknolojisindeki kullanım olanakları. *Gıda Dergisi.* Cilt 28, Sayı 4, Sf. 401-407.
- Koç, M., Sakin, M. ve Ertekin F.** (2009). Mikroenkapsülasyon ve Gıda Teknolojisinde Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* Cilt 16, Sayı 1, 2010, Sf. 77-86.
- Lagrega, M. D., Buchingam, P.L., Evans, J. C.** (1994). And The Environmental Resources Group, Hazardous Waste Management, Mc Graw Hill Inc. Sf. 1103.
- Landy, P., Druaux, C. and Voilley, A.** (1995). Retention of aroma compounds by proteins in aqueous solution. *Food Chem.* Sayı 54, Sf. 387–392.
- Lee, S. J., ve Rosenberg, M.** (2000). Preparation and some properties of water-insoluble, whey protein-based microcapsules. *Journal of Microencapsulation*, Sayı 17, Sf. 29–44.
- Legako, J. ve Dunford, N.** (2010). Effect of Spray Nozzle Design on Fish Oil–Whey Protein Microcapsule Properties *Journal of Food Science.* Sayı 75, Sf. 6.
- Moreau, D. L. and Rosenberg, M.** (1993). Microstructure and fat extractability in microcapsules based on whey proteins or mixtures of whey proteins and lactose. *Food Struct.* Sayı 12, Sf. 457–468.
- Nebesny, E., ve Zyzelewicz, D.** (2004). Effect of Lecithin Concentration on Properties of Sucrose-Free Chocolate Masses Sweetened with Isomalt. *Eur. Food Res Technol.* Cilt 220, Sayı 2, Sf. 131-135.
- Nopens, I., Foubert, I., Graef, V., Van Laere, D., Dewettinck, K., Vanrolleghem, P.** (2008). Automated image analysis tool for migration fat bloom evaluation of chocolate coated food products *LWT - Food Science and Technology.* Cilt 41, Sayı 10, Sf. 1884-1891.



**Nöbel, S., Böhme, B., Schneider, Y., Rohm, H.** (2009). Technofunctional barrier layers for preventing fat bloom in triple-shot pralines Original Research Article, *Food Research International*. Cilt 42, Sayı 1, Sf. 69-75.

**Oliver, H., Lowry, Nira, J., Rosebrough, A., Lewis, F., ve Rose, J.** (1951). Randall Protein Measurement With The Folin Phenol Reagent (From the Department of Pharmacology, Washington University School of Medicine, St. Louis, Missouri).

**Onwulata, C.** (2005). *Encapsulated and Powdered Foods*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW.

**Pajin, B., ve Jovanocovic, O.** (2005). Influence of High-Melting Fat Fraction on Quality and Fat Bloom Stability of Chocolate. *Eur. Food Res. Technol.* Cilt 220, Sayı 3-4, Sf. 389-394.

**Penchar, M.M. Pop, D.J.A De Ridder, J.B. Van Mechelen, R.A.J. Driesten, H. Schenk** (2004). *J. Phys. Chem. B*. Cilt 1008 Sayı 40 Sf. 15450.

**Penchar, R., Pop, M.M., De Ridder, D.J.A., Van Mechelen, J.B., Driesten, R.A.J., Schenk, H.** (2004). *The Journal of Physical Chemistry B*. Cilt 1008, Sayı 40, Sf. 15450.

**Rimbach, G., Melchin, M., Moehring, J. ve Wagner, A.E.** (2009). Polyphenols from Cocoa and Vascular Health—A Critical Review. *Int J Mol Sci*. Cilt 10, Sf. 4290–4309.

**Qi, M., Gu, Y., Sakata, N., Kim, D., Shirouzu, Y., Yamamoto, C., ve diğ.** (2004). PVA hydrogel sheet macroencapsulation for the bioartificial pancreas. *Biomaterials* Cilt 25, Sayı 27, Sf. 5885–92.

**Qian Shen ve Siew Young Quek,** (2014). Microencapsulation of astaxanthin with blends of milk protein and fiber by spray drying. *Journal of Food Engineering*. Sf. 165-171.

**Rao, J., McClements, D.J.** (2011). Food-grade microemulsions, nanoemulsions and emulsions: Fabrication from sucrose monopalmitate. *Food Hydrocolloids*. Sayı 25, Sf. 1413-1423.

**Reineccius, G.A.** (1991). Carbohydrates for flavor encapsulation. *Food Technol-Chicago*. Sayı 45, Sf. 144-147.

**Rizzuto, A.B., Chen, A.C. and Veiga, M.F.** (1984). Modification of the sucrose crystal structure to enhance pharmaceutical properties of excipient and drug substances. *Pharm. Technol.* Sayı 8, Sf. 32–35.

**Rousseau, D. ve Sonwai, S.** (2008). Influence of The Dispersed Particulate in Chocolate on Cocoa Butter Microstructure and Fat Crystal Growth During Storage. *Food Biophysics*. Cilt 3 Sayı 2, Sf. 273-278.

**Sultana, K., Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P., Kailaspathy, K.** (2000). Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *Int J Food Microbiol.* Cilt 62, Sayı 1, Sf. 47-55.

**Şekeroğlu, G. ve Kaya, A.** (2014). Effect of Cooling Rate on Crystallization of Cocoa Butter. *12th Euro Fed Lipid Congress*.

**Teledo, R.T.** (1979). Fundamentals of Food Process Engineering, AVI, Publishing Co., Wetsport, Conn.

**Turchiuli, C., Jimenez Munguia, M.T., Hernandez Sanchez, M., Cortes Ferre, H., Dumoulin, E.** (2014). Use of different supports for oil encapsulation in powder by spray drying. *Powder Technology*. Sayı 255 Sf. 103–108.

**Weiss, J., Helgason, T., Awad, T.S., Kristbergsson, K., McClements, D.J.** (2009). Effect of Surfactant Surface Coverage On Formation Of Solid Lipid Nanoparticles (SLN). *Journal of Colloid and Interface Science*. Sayı334, Sf. 75–81.

**Young, S. L., Sarda, X. and Rosenberg, M.** (1993). Microencapsulating properties of whey proteins 1. Microencapsulation of anhydrous milk fat. *J. Dairy Sci.* Sayı 76, Sf. 2868–2877.

**Ziesenitz SC & Siebert G.** (1987). The metabolism and utilisation of polyols and other bulk sweeteners compared with sugar. In Developments in Sweeteners ± 3, Sf. 109±149 [TH Grenby, editor]. London: *Elsevier Applied Science*.

**Zuidam, N.J. ve Shimoni, E. (2010).** Overview of Microencapsulates for Use in Food Products or Processes and Methods to Make Them. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*.

## İNTERNET KAYNAKLARI

**Url-1** <<http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-20.pdf>> alındığı tarih 1 Ocak 2015.

**Url-2**<<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/07/20030717.html>>, alındığı tarih 11.02.2015

**Url-3** <<http://www.solverkimya.com/site/makaleler/gida-urunleri-makaleleri/cikolata-yapimi-uretimi-ve-uretim-hatti.html>>, alındığı tarih 10.02.2015

**Url-4** <<http://www.helalvesaglikli.org/tr/gida-urunleri>>, alındığı tarih 05.01.2015

**Url-5** <<http://www.ttmd.org.tr/userfiles/dergi/ek36.pdf>>, alındığı tarih 10.02.2015.



## EKLER

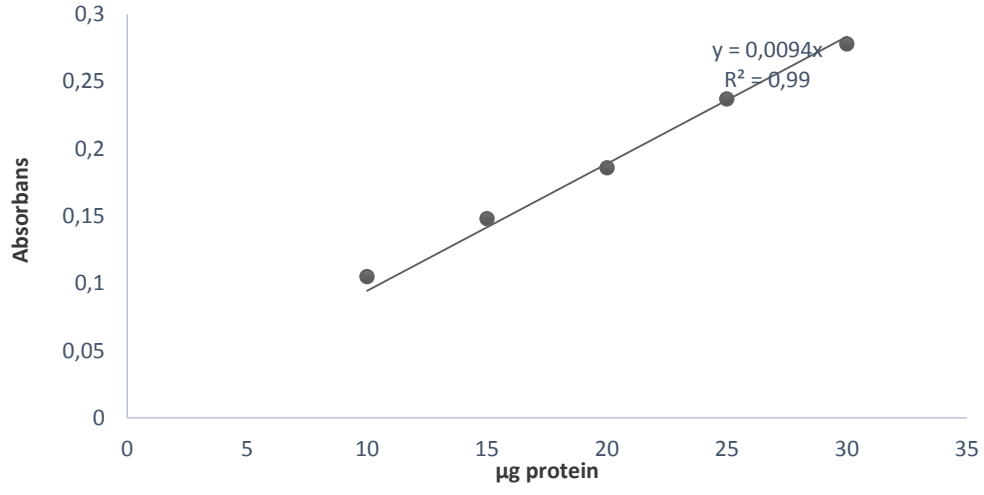
### EK A:

Çizelge A.1 : Çikolatada Kullanılan Yağlar ve Elde Edilen Kaynaklar

<b>Bitkisel Katı Yağların Genel İsimleri</b>	<b>Bitkisel Yağların Elde Edildiği Bitkilerin Genel İsimleri</b>
Illipe, Borneo tallow ya da Tengawang	<i>Shorea spp.</i>
Palm oil	<i>Elaeis guineensis</i> , <i>Elaeis olifera</i>
Sal	<i>Shorea robusta</i>
Shea	<i>Butyrospermum parkii</i>
Kokum gurgi	<i>Garcinia indica</i>
Mango kernel	<i>Mangifera indica</i>

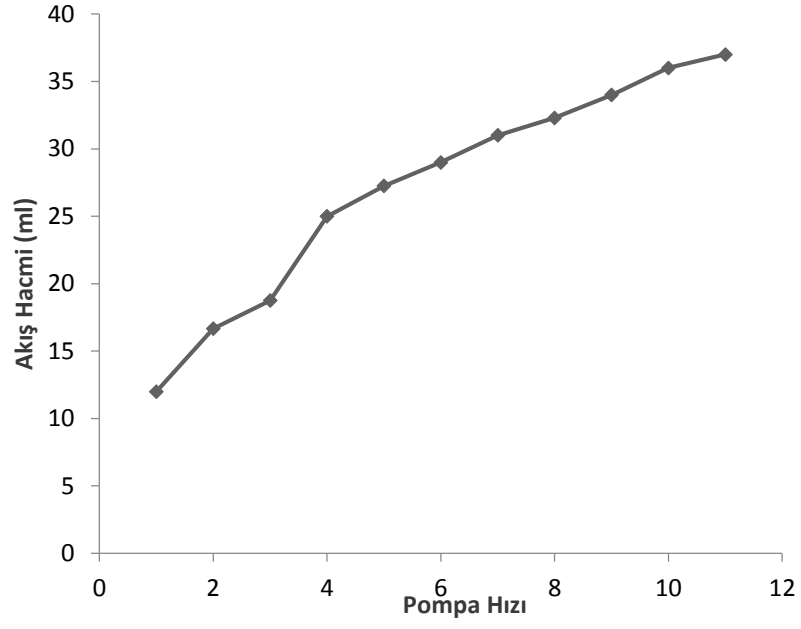
**EK B:**

**Şekil B.1:** BSA ile Hazırlanan Kalibrasyon Eğrisi



## EK C

Şekil C.1 : Püskürtmeli Kurutma Optimizasyon Grafiği



**EK D:****Çizelge D.1 : Çikolata İçin Duyusal Analiz Formu**

<b>GÖRÜNÜŞ</b>	<b>Puan</b>	<b>Değerlendirilen numunenin açıklaması</b>	<b>N-1 Değerlendirme</b>	<b>N-2 Değerlendirme</b>
<b>RENK PARLAKLIK YÜZEY PÜRÜZSÜZLÜĞÜ</b>	5	Uygun biçim; kusursuz renk; pürüzsüz, parlak yüzey		
	4	Kusursuz renk; pürüzsüz, daha az parlak yüzey		
	3	Düşük kaliteli renk; parmak izleri, yüzeyde hava kabarcıkları		
	2	Gri kısmen beyaz renk, yüzeyde az çatlak /kesiklerin oluşumu, pürüzlü yapı		
	1	Bozuk form; Yüzeyde gri veya beyaz renklenmeler; fazla miktarda yarıklar/çatlaklar		
<b>DOKU</b>	<b>Puan</b>	<b>Değerlendirilen numunenin açıklaması</b>	<b>N-1 Değerlendirme</b>	<b>N-2 Değerlendirme</b>
<b>YAPI KESME SERTLİK</b>	5	Düz, kırılman yapı, homojen; pürüzsüz doku; uygun sertlik		
	4	Homojen yapı, uygun sertlik, düzensiz kırılma		
	3	Uygun olmayan sertlik, düzensiz, hava kabarcıklı yapı, kesildiğinde yağ kusması az düzeyde		
	2	Taneli yapı, yağ kusması belirgin düzeyde, yumuşak yapı		
	1	Büyük oranda yağ kusması, macun kıvamında yapı		

**Çizelge D.1 Devamı**

<b>DOKU</b>	<b>Puan</b>	<b>Değerlendirilen numunenin açıklaması</b>	<b>N-1 Değerlendirme</b>	<b>N-2 Değerlendirme</b>
<b>ÇİĞNENEBİLİRLİK VE DOKUSAL ÖZELLİKLER</b>	5	Ağızda dağılılabirlik ve erime		
	4	Yavaş erime ve iyi çiğnenebilirlik		
	3	Kumluluk hissi, orta derecede çiğnenebilirlik		
	2	Yoğun derecede kumluluk hissi, yapışkanlık		
	1	Kötü derecede çiğnenebilirlik,aşırı kumlu doku		
<b>AROMA</b>	<b>Puan</b>	<b>Değerlendirilen numunenin açıklaması</b>	<b>N-1 Değerlendirme</b>	<b>N-2 Değerlendirme</b>
<b>KOKU</b>	5	Yoğun aromatik koku		
	4	Aromatik koku		
	3	Orta derecede aromatik koku, Mayhoş koku		
	2	Bayat koku		
	1	Çürümüş, küflü koku		
<b>TAD</b>	5	Yoğun aromalı tad		
	4	Aromalı tad		
	3	Mayhoş tad		
	2	Yabancı tad		
	1	Bozuk tad		





## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad-Soyad :** Ekin DİNÇEL

**Doğum Tarihi ve Yeri:** 28.08.1990 /DİYARBAKIR

**E-posta :** ekindincel@aydin.edu.tr

### **ÖĞRENİM DURUMU:**

**Lise :** 2008, Diyarbakır Nevzat Ayaz Anadolu Lisesi

**Lisans :** 2012, Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

### **MESLEKİ DENEYİM**

Laboratuvar Sorumlusu, İstanbul Aydın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Mart 2013-Eylül 2015.

Öğretim Görevlisi, İstanbul Aydın Üniversitesi ABMYO Gıda Teknolojisi Bölümü, Eylül 2015-

### **SUNUMLAR**

DİNÇEL, E., ALÇAY, Ü.A., SAĞLAM, A., KASAPOĞLU C., 2015. Yoğurt Tozu Üretimi ve Avantajları. Pamukkale Üniversitesi Kurutulmuş ve Yarı Kurutulmuş Gıdalar Sempozyumu, Mayıs 13-15, 2015 Denizli, Türkiye.

DİNÇEL, E., ALÇAY, Ü.A., SAĞLAM, A., 2015. Kanola Yağı Anket Çalışması. Yabited II. Bitkisel Yağ Kongresi. Mayıs 7-9, 2015 Tekirdağ, Türkiye.

DİNÇEL, E., ALÇAY, Ü.A., SAĞLAM, A., 2015. Gıda Katkı Maddelerinin Kullanımı ve Zararları. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi. Nisan 28-30, 2015 Nevşehir, Türkiye.

