

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞANLIURFA'DA YETİŞTİRİLEN BİBERLERDEN ELDE EDİLEN TOHUM
YAĞININ ARAP ZAMKI VE MALTODEKSTRİN KOMPOZİSYONU İLE
ENKAPSÜLASYONU**

Fatih ŞENGÜN


GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI


**ŞANLIURFA
2019**

Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN danışmanlığında, Fatih ŞENGÜN'ün hazırladığı “Şanhurfa’da Yetiştirilen Biberlerden Elde Edilen Tohum Yağının Arap Zamkı ve Maltodekstrin Kompozisyonu ile Enkapsülasyonu” konulu bu çalışma 25/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN 

Üye : Prof. Dr. Hasan VARDİN 

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hidayet SAĞLAM 

Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Kırmızıbiber tohumları	12
3.1.2. Ham yağ eldesi	12
3.1.3. Kaplama materyali	13
3.2. Yöntem	13
3.2.1. Emülsiyonun hazırlanması	13
3.2.2. Püskürterek kurutma	14
3.2.3. Mikroenkapsülasyon optimizasyonu	14
3.2.4. Fiziksel ve fizikokimyasal analiz metotları	16
3.2.4.1. Mikroenkapsülasyon verimi	16
3.2.4.2. Yüzey yağ miktarı ve mikroenkapsülasyon etkinliğinin belirlenmesi	17
3.2.4.3. Hausner oranı ve Carr indeksi	17
3.2.4.4. Renk analizi	19
3.2.4.5. Peroksit tayini	19
3.2.4.6. Nem miktarı	20
3.2.4.7. Su aktivitesi(a_w)	20
3.2.4.8. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi	20
3.2.4.9. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analizi	21
3.2.4.10. Termogravimetrik analiz (TGA)	21
3.2.4.11. Parçacık boyutu analizi	21
3.2.4.12. Antimikrobiyal aktivite analizi	21
3.2.4.13. İstatistiksel analiz	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	23
4.1. İsoot Tohumu Yağı	23
4.2. Mikroenkapsülasyon Optimizasyonu	23
4.3. Enstrümantal Analizler	26

4.3.1. Taramalı elektron mikroskobu(SEM) analizi	26
4.3.2. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analizi	28
4.3.3. Mikrokapsüllerin termal kararlılık analizleri (TGA, DTG ve DTA).....	29
4.3.4. Parçacık boyutu analizi	31
4.4. Mikroenkapsüle İsoot Çekirdeği Yağının Depolama Analizleri	32
4.4.1. Depolama süresince Carr indeks değerlerinin değişimi	32
4.4.2. Yüzey yağ ve etkinlik değerleri.....	33
4.4.3. Su aktivitesi değerleri.....	34
4.4.4. Renk analizi (L, a, b).....	35
4.4.5. Peroksit tayini.....	35
4.4.6. Antimikrobiyal aktivite	37
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	48

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ŞANLIURFA'DA YETİŞTİRİLEN BİBERLERDEN ELDE EDİLEN TOHUM YAĞININ ARAP ZAMKI VE MALTODEKSTRİN KOMPOZİSYONU İLE ENKAPSÜLASYONU

Fatih ŞENGÜN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN
Yıl: 2019, Sayfa: 48

Bu çalışmada kırmızıbiber tohum yağlarının (BTY) maltodekstrin ve arap zamkı kaplama materyalleri kullanılarak kapsüllemesi amaçlanmıştır. Kaplama materyali olarak maltodekstrin ve arap zamkı kullanılmıştır. Mikroenkapsülasyon optimizasyonu için merkezi karma tasarım kullanılmıştır. Mikroenkapsülasyon proses şartları taşıyıcı madde konsantrasyonu, isot tohumu yağı oranı ve püskürtmeli kurutucu giriş sıcaklığı parametreleri yanıt yüzey metodu kullanılarak optimize edilmiştir. Optimizasyon sonucunda en yüksek verim ve etkinlik değerleri 184 °C sıcaklıkta, maltodekstrin / arap zamkı oranı: 9/1 ve % 25'lik yağ oranı koşullarında oluşmuştur. Elde edilen kapsüllerin fiziksel kalite özellikleri taramalı elektron mikroskobu ve parçacık boyut analizi kullanılarak belirlenmiştir. BTY kapsüllerinin boyutlarının 1 – 10 µm arasında değiştiği ve kapsül şekillerinin düzgün, yuvarlak, pürüzsüz ve büzülmemiş yapıda olduğu görülmüştür. FTIR sonuçları BTY'nin başarılı bir şekilde kapsüllendiğini ve kapsüllerin içerisinde yağın hapsedildiğini göstermiştir. Mikroenkapsüllerin termal stabiliteleri termogravimetrik analizler ile belirlenmiştir ve kapsüllerin ısıl dayanımları tatmin edici derecede bulunmuştur. Depolama süresince kalite özelliklerinin değişimleri takip edilmiştir ve örnekler 4°C'de ve 20 °C'de 30 gün boyunca depolanmışlardır. Depolama süresince örneklerin renk değerlerinde istatistiki önem seviyesinde bir değişim olmamıştır. Su aktivitesi 14 gün kısmen yükselmiş olsa da (0.142 – 0.167) daha sonraki depolama süreçlerinde önemli bir artış tespit edilememiştir. Kapsüllerin peroksidasyon stabiliteleri 25 °C' de ve 60 °C' de çalışılmıştır. Mikroenkapsülasyonun örneklerin oksidasyona uğramasını önlediği belirlenmiş ve peroksid değerlerindeki artışın kapsüllememiş yağa göre çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kapsüllemiş biber yağının antimikrobiyal etkinliği de çalışılmış olup; *S. Aureus*, *P. aeruginosa*, *E. faecalis* mikroorganizmalarının gelişimini inhibe ettiği belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre mikroenkapsülasyonun BTY'ye termal stabilite kazandırdığı, depolama süresince kalite özelliklerinin korunmasını sağladığı ve antimikrobiyal etkinliğinin artışı sağladığını ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Kırmızıbiber tohum yağı, mikroenkapsülasyon, püskürtmeli kurutma, arap zamkı, maltodekstrin,

ABSTRACT

MSc Thesis

ENCAPSULATION OF SEED OIL OBTAINED FROM PEPPERS GROWN IN SANLIURFA REGION USING ARABIC GUM AND MALTODEXTRIN COMPOSITIONS

Fatih ŞENGÜN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Food Engineering Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet KARAASLAN
Year: 2019, Page: 48

In this study, it was aimed to encapsulate red pepper seed oils (PSO) using maltodextrin and gum arabic coating materials. Maltodextrin and gum arabic were used as coating material. Central mixed design was used for microencapsulation optimization. The microencapsulation process conditions carrier concentration, red pepper seed oil ratio and spray dryer inlet temperature parameters were optimized using the response surface method. As a result of the optimization, the highest yield and efficiency values were obtained at 184 °C, maltodextrin / gum arabic ratio: 9/1 and 25% oil ratio. Physical quality properties of the obtained capsules were determined by scanning electron microscopy and particle size analysis. It was found that the sizes of the PSO capsules ranged from 1 to 10 µm and the capsule shapes were regular, round, smooth and uncontracted. FTIR results showed that PSO was successfully encapsulated and oil was trapped in the capsules. The thermal stability of the microcapsules was determined by thermogravimetric analysis and the thermal stability of the capsules was satisfactory. Changes in quality characteristics were monitored during storage and samples were stored at 4 °C and 20 °C for 30 days. There was no change in the statistical significance of the color values of the samples during storage. Although water activity was partially elevated for the first 14 days (0.142 - 0.167), no significant increase was observed in subsequent storage processes. The peroxidation stability of the capsules was studied at 25 °C and 60 °C. It was determined that microencapsulation prevents oxidation of the samples and the increase in peroxide values was found to be much lower than unencapsulated oil. The antimicrobial activity of encapsulated red pepper oil has also been studied; *S. Aureus*, *P. aeruginosa*, *E. faecalis* were determined to inhibit the growth of microorganisms. According to the data obtained, microencapsulation gives thermal stability to PSO, preserves quality properties during storage and increases antimicrobial efficacy.

KEYWORDS: Red pepper seed oil, microencapsulation, spray drying, arabic gum, maltodextrin,

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince deneyim ve bilgileri ile bana yol gösteren, hiçbir konuda desteğini esirgemeyen ve danışmanlığında çalışmaktan mutlu olduğum değerli hocam Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN'a,

Çalışmalarım boyunca her türlü destek, anlayış ve yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Hasan VARDİN'e,

Laboratuvar çalışmamın başlangıcından itibaren tez yazımına kadar yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Ümran CANSU'ya ve Arş. Gör. Bülent BAŞYİĞİT'e,

Bugüne kadar desteklerini gerek maddi gerekse manevi hiçbir zaman esirgemeyen, benim bu günlere gelmemde büyük rol oynayan abim Doç. Dr. Nazmi ŞENGÜN'e, annem Ayşe ŞENGÜN'e, babam Metin ŞENGÜN'e

Ayrıca; bu süreçte beni yalnız bırakmayan ve hiçbir zaman desteğini esirgemeyen sevgili eşim Neriman Ferda ŞENGÜN'e anlayışı, hoşgörüsü, desteği ve sabrı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Mikroenkapsüllerin yapısı.....	4
Şekil 2.2. Püskürtmeli kurutma sistemi (Kırmızı çizgiler hava akışını, mavi çizgiler ürün akışını göstermektedir) (Erdoğan, 2007)	6
Şekil 3.1. Şanlıurfa kırmızıbiberi ve tohumu	12
Şekil 3.2. Soğuk pres cihazı ve yağ elde edilmesi.....	13
Şekil 3.3. Biber yağı mikroenkapsülasyonunun proses akım şeması	14
Şekil 4.1. Püskürterek kurutma aşamasından bir görüntü	24
Şekil 4.2. Optimum koşulda elde edilen MBTY'den bir görüntü	26
Şekil 4.3. Optimum koşulda elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri ¹	27
Şekil 4.4. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analiz sonuçları	29
Şekil 4.5. TGA, DTG ve DTA	31
Şekil 4.6. Optimum koşullarda üretilen mikroenkapsüllerin parçacık boyutu analizi sonuçları	32
Şekil 4.7. Depolama süresince BTY ve MBTY'nin peroksit değerleri.....	37
Şekil 4.8. <i>S.aureus</i> 'da oluşturduğu zon görünümü (2-Kapsüllenmiş isot yağı, 3-Arap zamkı + maltodektrin, 4-arap zamkı)	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Bağımsız değişkenler ve düzeyleri.....	15
Çizelge 3.2. Kırmızıbiber tohum yağının mikroenkapsülasyonunda kullanılan deneme deseni	16
Çizelge 3.3. Carr İndeksi ve Tozların Akışı	19
Çizelge 4.1. Kırmızıbiber yağının fizikokimyasal özellikleri	23
Çizelge 4.2. Merkezi karma tasarım ile oluşturulan deneme deseninde elde edilen verim ve etkinlik sonuçları	25
Çizelge 4.3. Optimum noktada elde edilen kapsüllerin depolama sırasındaki Carr indeks değerleri...	33
Çizelge 4.4. Optimum noktada elde edilen kapsüllerin depolama sırasındaki mikroenkapsülasyon etkinliği değerleri	34
Çizelge 4.5. Optimum noktadaki mikrokapsüllerin +4 °C ve +25 °C'deki 30 günlük depolama boyunca a_w değişimi.....	34
Çizelge 4.6. Optimum koşulda elde edilen mikrokapsüllerin 4 ve 25 °C'deki 30 günlük depolama boyunca renk parametreleri	35
Çizelge 4.7. Optimum koşulda elde edilen mikrokapsüllerin 4 ve 25 °C'deki 30 günlük depolama boyunca peroksit değişimi	36
Çizelge 4.8. BTY, MD, MBTY ve AZ'in antimikrobiyal aktivite sonuçları.....	38

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

MPa	Megapaskal
CO ₂	Karbondioksit
ppb	Milyonda bir
°C	Santigrat derece
g	Gram
cm ³	Santimetre küp
a _w	Su aktivitesi
mL	Mililitre
dk	Dakika
mg DPPH	Miligram 2,2- difenil- 1- pikrilhidrazil
mm	Milimetre
rpm	1 dakika içerisinde gerçekleştirilen dönüş/devir sayısı
sa	Saat
m	Kütle
v	Hacim
kg	Kilogram
µm	Mikrometre
β-SD	Beta-Siklodekstrin

Kısaltmalar

BTY	Biber tohum yağı
MBTY	Mikrokapsüle biber tohum yağı
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetre
GAP	Güneydoğu Anadolu projesi
KBTY	Kırmızıbiber tohum yağı
AF	Aflatoksin
MD	Maltodekstrin
AZ	Arap zımkı
POL	Palm olein yağı
POS	Palm olein yağına %10 oranında palm stearin eklenmiş yağ karışımı
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu
L	Litre
PSO	Red pepper seed oil

1. GİRİŞ

Günümüzde tüketicilerin hazır gıdalara giderek artan talebi bu gıdaların üretimini de hızla arttırmıştır. Bu talebi en iyi şekilde karşılayabilmek amacıyla kaliteli, raf ömrü uzun, besleyici değeri yüksek ve fonksiyonel nitelikleri olan gıdaların geliştirilmesi konusundaki araştırmalar da hız kazanmıştır. Bu tip ürünlerin pazarı her geçen gün büyümektedir. Fonksiyonel gıda bileşenleri çeşitli gıda ürünlerinin besin, tat ve lezzet yönünden geliştirilmesi amacıyla gıdalara doğrudan ilave edilmektedir. Ancak gıdaların işlenmesi, depolanması ve sevkiyatı sırasında, bu fonksiyonel bileşenler yeterince stabil olmamaları nedeniyle değişime uğramaktadır. Ayrıca bu bileşenler gıdaların kendi bileşenlerinin değişimini de tetiklemektedir. Gıdalarda görülen bu olumsuz değişimleri önlemeye yönelik araştırmalar artarak devam etmektedir.

Gıda endüstrisinde işleme sırasında açığa çıkan artıkların hem çevresel hem de ekonomik anlamda en verimli şekilde değerlendirilmesi, günümüzde bir zorunluluk haline gelmiştir. Dünyada ve ülkemizdeki kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması üretici firma kârlarının maksimize edilmesi ve artan insan nüfusunun dengeli ve sağlıklı beslenmesi için gıda işleme sırasında açığa çıkan yan ürünler ve artıklar en iyi şekilde değerlendirilmelidir (Yılmaz, 2011).

Son dönemlerde gıda işleme sırasında ortaya çıkan yan ürün ve atıklarının değerlendirilmesi hususunda toplumun ve şirketlerin ilgisi artmıştır. Artıkların ve yan ürünlerin değerlendirme çalışmaları, gıdalarda kullanılacak katkı maddeleri üretmeye veya bu ürünleri gıda maddelerine ilave ederek kullanmaya yöneliktir. Bitkinin çok az bir kısmı insanlar tarafından direkt olarak tüketilmekte olup, geri kalan kısımlar ise gıda, yem veya gübreye katılmak üzere besin öğelerine çevrilmektedir (Yılmaz, 2011).

Kırmızıbiber (*Capsicum annum L.*) domatesten sonra dünyada zirai olarak yetiştiriciliği yapılan en yaygın ikinci sebzedir. Bunun en büyük nedeni gıdalara

kattığı tat, aroma ve renktir (Vengaiah ve Pandey, 2007). Kırmızıbiber yetiştiriciliğinde Türkiye, Çin ve Meksika'dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır (Atasoy ve ark., 2017). Ülkemizde yetiştirilen yaş, taze kırmızıbiberin %78'lik kısmı GAP bölgesinde yer alan şehirlerde yetiştirilmektedir. Ayrıca, ülkemizde yetiştirilen kırmızıbiberin yarısına yakını Şanlıurfa bölgesinden temin edilmektedir. Urfa biberi kurutulmuş olarak tüketimi yapılan Türk biberidir. Urfa biberi diğer birçok bibere nazaran acısının çabuk geçmesiyle tercih edilen lezzetli bir biberdir. Urfa biberinden elde edilen isotlar baharat olarak kullanılmaktadır. Birtakım işlemlerden geçen bu biber sonuç olarak isot'a dönüşmektedir. Bu işlemler sırasında biberden çekirdekler uzaklaştırılmakta ve bu çekirdekler üretim atığı olarak ayıklanmaktadır. Çekirdeklerin öğütülerek kırmızı pul biber içerisine eklenerek tağşiş yapılması gibi arzu edilmeyen durumların varlığı da bilinmektedir.

Biber tohumları, bünyelerinde protein, lif, karbonhidrat ve yağ gibi bileşenleri bulundurmaktadır. Biber tohumundan elde edilen yağlar eczacılık, gıda gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle yemeklere ve gıda ürünlerine acı tadı vermek için kullanılan esansiyel yağ ülkemiz için önemli gelir kaynağı olabilecek bir potansiyele sahiptir. Bitkilerden elde edilen aromatik ve uçucu yağlara esansiyel yağ denilmektedir. Esansiyel yağlar bitkinin gövdesindeki, yaprağındaki veya meyve çekirdeğindeki hücre veya hücre gruplarında yer almaktadır (Oussalah ve ark., 2007). Dünyada bilinen 3000 adete yakın esansiyel yağ vardır ve bu esansiyel yağların 300'e yakını ilaç sanayi, gıda endüstrisi, kozmetik ve parfüm gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Özellikle ilaç sanayisinde tıbbi özellik gösteren esansiyel yağlar çeşitli bir takım sistematik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Bakkali ve ark., 2008). Esansiyel yağlar monoterpenler, sesquiterpenler ve bunların oksijen türevleri olarak bilenen fitokimyasallardır. Bu fitokimyasallar (Timol, anethol, mentol, karvakrol, fenolik asitler, flavonlar vb.) bakteri ve mantar türlerine karşı antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Souza ve ark., 2005) ve bu alanda uzun süredir birçok araştırma ve çalışmalar yapılmaktadır (Burt, 2004; Nychas, 1995). Esansiyel yağı nem, oksijen, ışık vs gibi etkenlerden korumak için son zamanlarda gelişmekte olan ve iyi bir dayandırma metodu olan mikroenkapsülasyon yöntemidir. Mikroenkapsülasyon, katı, sıvı veya gaz halindeki maddelerin protein veya

karbonhidrat kökenli duvar materyali ile emülsiyon oluşturularak mikrotanecikler elde etme teknolojisi olarak tanımlanmaktadır.

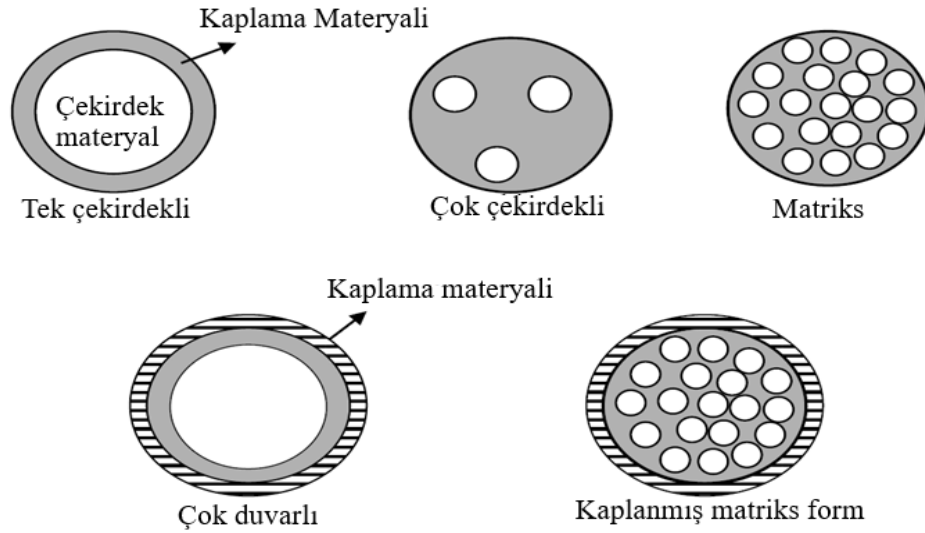
Mikroenkapsülasyon teknolojisinde duvar materyali olarak jelatin, modifiye nişasta (maltodekstrin vs.) gibi hidrokolloitler, arap zıncı gibi bitkisel özütler veya protein bazlı bileşikler kullanılmaktadır. Mikroenkapsülleme işleminde kullanılacak donanımların temini kolaydır ve işlem maliyeti diğer yöntemlere göre daha ucuz olmaktadır (Özcan ve Altun, 2013). Ancak oksidasyon, yapışma tehlikesi, renk ve aroma değişimi mikroenkapsülasyon yönteminin olumsuzlukları arasındadır (Gökmen ve ark., 2012). Kullanılacak olan kaplama materyalleri yapılan literatür araştırmaları sonucunda hiçbiri tek başına kullanımında optimum faydayı sağlayamadığı, bunun yerine farklı birtakım kaplama materyallerinin karıştırılarak tercih edilmesi uygun görüldüğü belirtilmiştir.

Gıda endüstrisinde en fazla kullanılan mikroenkapsülasyon yöntemi püskürterek kurutmadır. Bu yöntem ekonomik, pratik ve geniş bir ürün grubuna uygulanabilir niteliktedir. Püskürterek kurutma ile mikroenkapsülasyon işleminde en önemli aşama taşıyıcı madde seçimi, bu maddelerin konsantrasyonu, kapsül içerisindeki yağ oranı ve uygulanan emülsifikasyon işlemleridir.

Bu tez çalışmasında, kırmızıbiber tohum yağının (KBTY) oksidasyonu engellediği rapor edilen arap zıncı ve maltodekstrin ile farklı yağ konsantrasyonlarında ve farklı sıcaklıklarda püskürtmeli kurutucu ile mikroenkapsüllere dönüştürülmüş ve bu mikroenkapsüllerin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mikroenkapsülasyon aktif bir maddenin (çekirdek materyal) çevresinin bir veya birden çok kaplama maddesi (duvar materyal) ile sarılarak mikrometre düzeyinde çok küçük mikrokapsüllerin elde edilmesine dayanan bir teknolojidir. Mikrokapsüller basitçe küre şeklinde olup, mikrokapsülleri çevreleyen homojen bir duvar bulunmaktadır. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, mikrokapsül içerisinde yer alan madde çekirdek, iç faz veya dolgu olarak isimlendirilirken, dış kısımda homojen duvarı sağlayan kısma duvar materyali, kaplama maddesi veya membran olarak ifade edilmektedir (Gharsallaoui ve ark., 2007).



Şekil 2.1. Mikroenkapsüllerin yapısı

Mikrokapsülleme teknolojisinde ilk çalışmalar 1950'li yıllara dayanmaktadır. Green ve Scheicher (1955) basınca duyarlı karbonsuz kopya kağıdı üretilmesi yönünde yaptıkları çalışmalarda mikrokapsülleme teknolojisini kullanmışlardır.

Mikrokapsülleme teknolojisi süre gelen yıllarda farmakoloji, kimya, kozmetik, gıda, boya gibi bir çok farklı alanda kullanımı yaygınlaşmıştır. Özellikle son yıllarda gıda sektöründe de kullanımı giderek artmaktadır. Öyle ki gıda sektöründe fonksiyonel gıdaların gün geçtikçe önem kazanması sonucunda bu alanda uygulanan mikroenkapsülasyon teknolojisi de paralellik göstererek kullanımı artmaktadır.

Mikroenkapsülasyon, kapsülleme işlemi yapılacak maddeyi, dış ortam ile arasında bir bariyer kurarak biyoaktif bileşenleri ısı, ışık, oksijen ve metal iyonları gibi çevresel faktörlere karşı korumakta ve bozulmasını engellemektedir. Bu yöntemle üretilen mikrokapsüller biyoaktif bileşenler açısından zengin olmasının yanında, kullanımının pratik olması, depolama ve taşıma işlemlerinin daha az masraf gerektirmesi, her zaman ve kolay bulunabilmesi gibi diğer avantajlara sahiptir.

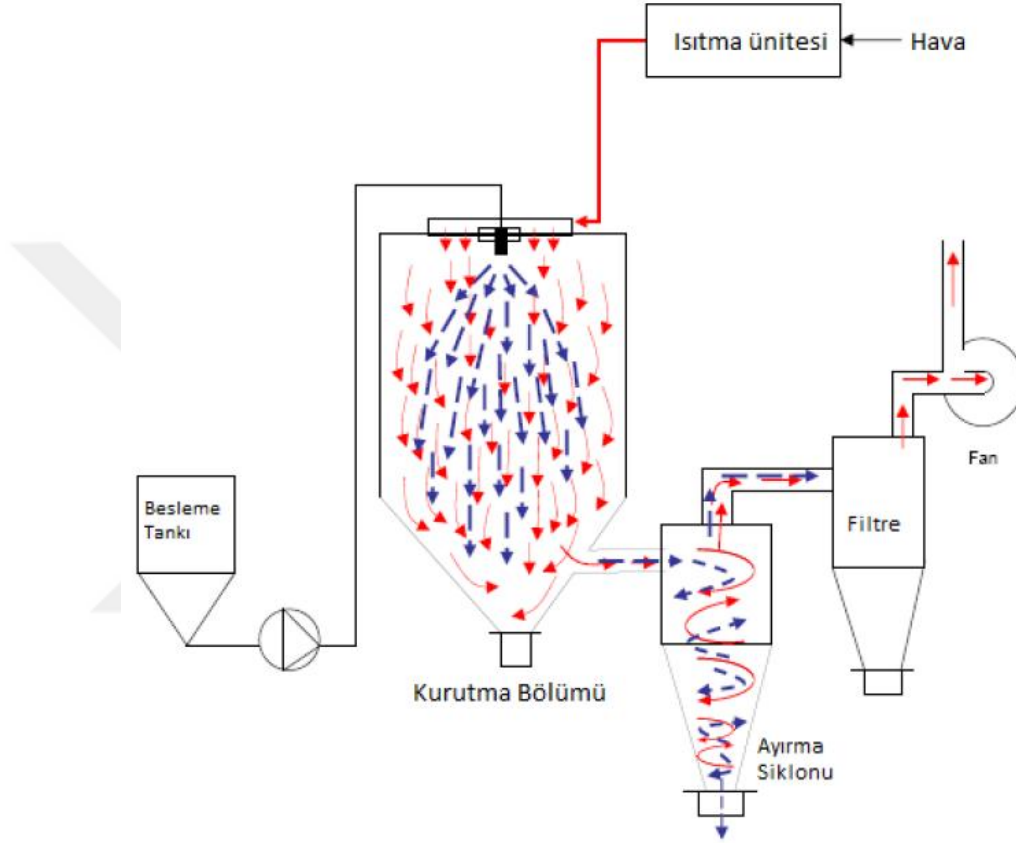
Mikroenkapsülasyon teknolojisi genellikle gıda sektöründe katı partiküllerin, sıvı damlacıkların veya gaz bileşenlerin duvar materyalleri ile kaplaması için kullanılmaktadır (Gharsallaoui ve ark., 2007).

Mikroenkapsülasyon tekniğinin gıda endüstrisinde kullanılmasının başlıca nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Mikrokapsül oluşturulacak gıda maddesinin nem, sıcaklık, hava, ışık vb. gibi çevresel etkenlerden koruması ve bozulmasının engellenmesi
- Kaplanacak olan gıda ürününün buharlaşarak kaybolmasının önüne geçilmesi
- Gıda maddesinin fiziksel niteliklerinin mümkün olduğunca iyi korunmasının sağlanması
- Gıda maddesinin kaplanmasıyla daha rahat taşınması
- Kaplanacak olan gıda maddesinin tat ve kokusunun korunması
- Gıda maddesinin başka maddelerle reaksiyona girmesinin önüne geçilmesi
- Gıda maddesinin az miktarlarda kullanımı istenildiğinde seyreltilmesi ve seyreltme işleminin homojen bir şekilde sağlanması olarak sıralanabilir (Desai ve Park, 2005).

Mikrokapsülasyon teknolojisinde gıda sektöründe püskürterek kurutma, akışkan yatak kaplama, dondurarak kurutma, koaservasyon, ko-kristalizasyon, ekstrüzyon gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler arasında en çok kullanılan püskürterek kurutma yöntemidir (Jafari ve ark., 2008). Püskürtmeli kurutma yönteminde birçok farklı kaplama materyalinin kullanılabilmesi, bu yöntemin diğer yöntemlere göre daha ucuz olması, iyi kalitede kapsüllerin elde

edilebilmesi, üretimde sürekliliği sağlayabilmesi ve endüstride kolayca uygulanabilmesi diğer yöntemlere göre daha fazla tercih edilme nedenleri arasındadır (Desai ve Park, 2005; Gharsallaoui ve ark., 2007; Koç ve ark., 2010). Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan püskürtmeli kurutma prosesinin genel hatları Şekil 2.2 de verilmiştir.



Şekil 2.2. Püskürtmeli kurutma sistemi (Kırmızı çizgiler hava akışını, mavi çizgiler ürün akışını göstermektedir) (Erdinç, 2007)

Biber tohum yağları ısı, ışık ve oksijen gibi çevresel faktörlerin etkisi ile işleme ve depolama sürecinde fiziksel ve kimyasal olarak değişime uğramaktadır. Bu problemler yağın yapısını bozmakta ve ekonomik anlamda büyük kayba neden olmaktadır. Kırmızıbiber yağının püskürterek kurutmayla mikroenkapsülasyonu ile raf ömrünün uzatılması, bozulma sonucu oluşabilecek ekonomik kayıpların azaltılması mümkündür. Öte yandan Şanlıurfa yöresinde üretilen isotun (pul biber) içerisine biber tohumlarının da öğütülerek eklendiği ve taşıdığı bilinmektedir. Yapılacak tez çalışmasıyla bu tohum yağlarının yeni bir ürün şeklinde

değerlendirilmesinin önünü açacağı düşünülmektedir. Bu sayede taşışında önüne geçilerek kırmızıbiber tohum yağının ticaret hacminin artırılması ve aynı nedenle ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yağ ve aroma maddelerinin mikroenkapsülasyon işleminde arap zankı ve maltodekstrin en yaygın kullanılan duvar materyalleri olarak ön plana çıkmaktadır. Özellikle uçucu özelliğe sahip olan aroma maddeleri mikrokapsülleneceği zaman arap zankının daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Su fazında apolar bileşiklerle emülsiyon oluşturma kapasitesinin yüksek olması arap zankının bir diğer önemli özelliğidir (Jafari ve ark., 2008). Maltodekstrin ise yüksek konsantrasyonlarda düşük viskozite göstermesi, fiyatının ucuz olması, emülsiyonlarda iyi çözünmesi, doğal aroma ve tada sahip olması ve düşük emülsiyon kapasitesinden dolayı diğer kaplama materyalleri ile belli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır (Madene ve ark., 2006).

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda kırmızıbiber yağının mikroenkapsülasyonunda dair herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Yapılacak olan çalışmanın gerek Şanlıurfa kırmızıbiber yağının mikroenkapsülasyonu, gerekse uygulanacak olan kaplama materyalleri ve yöntemleriyle özgün bir çalışma olacağı görülmektedir. Fakat yapılacak çalışmayla paralellik gösteren araştırmalar literatürde mevcuttur.

Bunlardan bazıları;

Silva ve ark. (2013)'te yaptıkları bir araştırmada farklı yöntemler (soxhlet, soğuk presleme, süper kritik CO₂ ve mikrodalga yardımcı ekstraksiyon işlemi) kullanılarak ekstrakte edilen kırmızıbiber tohumu yağlarının fizyokimyasal özelliklerini, yağ asidini, fenolik ve tokoferol bileşimlerini ve ayrıca antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Yaptıkları analizlerde kırmızıbiber tohumlarında (kuru ağırlıkta): kül %3.05, su %6.63, yağ %18.39, protein %28.33 ve karbonhidrat ise %43.60 olarak saptamışlardır. Genel olarak, mikrodalga destekli ekstrakte edilmiş tohum yağının yüksek antioksidan aktiviteleri, endüstriyel, kozmetik ve farmasötik kullanımlar için ekonomik olarak değerli doğal ürünler olarak kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

El-Adawy ve Taha (2001), yapmış oldukları çalışmada paprika cinsi biber tohumlarının protein ve yağ fraksiyonlarının bileşimi ve karakteristiğini araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda paprika biber tohumlarının iyi bir protein (% 24), yağ (% 26) ve diyet lif (% 35) kaynağı olduğunu belirlemişlerdir.

Özdemir (2013), yapmış olduğu çalışmada, beta-siklodekstrin (β -SD) kaplama materyali ile karabiber oleoresini kaplamış ve bu işlemi dondurarak kurutma tekniği ile yapmıştır. Çalışmada elde edilen mikrokapsüllerde enkapsülasyon etkinliği, partikül büyüklüğü ve morfolojisi ile diferansiyel taramalı kalorimetre analizlerini yapmıştır. Faz çözünürlüğü çalışmalarıyla β -SD ve karabiber oleoresini arasındaki termodinamik olayları araştırmıştır. Mikrokapsülenmiş ve mikroenkapsüle edilmemiş karabiber oleoresininde antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve mikrobiyolojik analizleri yapmış, mikroenkapsülasyon işleminin bu özelliklere olan etkisini araştırmıştır.

Kasımoğlu ve ark. (2016), kestane tohum kabuğunun özütünü püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikroenkapsüle etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada püskürterek kurutma işlemini optimize etmek için Box-Behnken tepki yüzeyi metodolojisini kullanmışlardır. Sprey kurutma prosesi için duvar malzemesi olarak maltodekstrin (MD) ve arap zıncığı (AZ) kullanmışlardır. Optimum püskürtme kurutma koşulları, %12.5 duvar malzemesi oranı, MD: AZ oranı 75:25 ve giriş sıcaklığı 164°C olarak belirlemişlerdir. Optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerin ayrıca nem içeriği %3.2, su aktivitesi (a_w) 0.255, yığın yoğunluğu 0.32 g / cm³, renk (Hunter L = 59.19, a = 11.27, b = 22.94) (%11.02), çözünürlük (%79.83), partikül boyutu (6.52 um), toplam antioksidan aktivite (0.456 g / mg DPPH) ve toplam flavonoid içeriği (39.75 g / mg DPPH) olarak belirlemişlerdir.

Beirão-da-Costa ve ark. (2012), kekik yağının mikroenkapsülasyonu için inülin potansiyelini belirlemeye yönelik araştırmalar yapmışlardır.

Guimaraes ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada kekik esansiyel yağında bulunan, bir monoterpen olan karvakrolü b-cyclodextrin kaplama materyali kullanarak mikroenkapsüle etmişlerdir.

Tontul ve Topuz (2013), keten tohumu yağını mikroenkapsüle etmeye yönelik çalışmalarda bulunmuşlardır. Mikroenkapsülasyon işlemi için farklı duvar materyalleri denemişler ve en iyi mikroenkapsülasyon verimliliğinin Hi-cap-Arap zamkı-Peynir altı suyu (4:0:1) ile hazırlanan emülsiyonda olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada en iyi oksidasyon stabilitesini maltodextrin-Arap Zamkı -Peynir altı suyu (4:0:1) kaplama materyallerinin kullanıldığı emülsiyonda belirlemişlerdir.

Badee ve ark. (2012) yapmış olduğu bir diğer çalışmada nane esansiyel yağının mikroenkapsüle etmişlerdir ve en iyi kaplama materyalinin arap zamkı olduğunu bildirmişlerdir. Arap zamkının taşıdığı yağa göre verimin %81 olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, yapılan mikroenkapsülleme işlemi sonucunda nane esansiyel yağının kimyasal yapısında herhangi bir değişiklik olmadığı saptamışlardır.

Tontul ve Erbaş (2017), yaptıkları çalışmada biyoaktif gıda bileşenlerinin püskürterek dondurma yöntemi ile kapsüllemişlerdir. Püskürterek dondurma yöntemi biyoaktif gıda bileşenlerinin yüksek etkinlikle mikroenkapsüle edilebilmesi ve aktif materyalin stabilitesini oldukça yüksek oranda koruması nedenleriyle diğer mikroenkapsülasyon yöntemlerine kıyasla daha iyi olduğunu, ayrıca püskürterek dondurma yönteminde taşıyıcı olarak kullanılan hidrofobik materyal, mikrokapsüllerin mide sindiriminden etkilenmeden geçerek asıl etkili oldukları bölge olan kolonda salınımına imkan verdiğinden biyoaktif gıda bileşenlerinin biyoyararlılığını da oldukça arttırdığını saptamışlardır. Tüm bunlara ilaveten püskürterek dondurma tekniğinin kolayca optimize edilebildiği düşünülürse diğer mikroenkapsülasyon teknikleri ile kombine bir şekilde kullanımı daha dayanıklı mikrokapsüllerin üretimine de imkân tanıyabileceğini belirtmişlerdir.

Koç ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada mikroenkapsülasyonu ve gıda teknolojisinde kullanımını araştırmışlardır. Mikroenkapsülasyon teknolojisinin

birçok sektörde üretilen ürünlerin fonksiyonel özelliklerini daha da geliştirmek ve raf dayanım sürelerinin uzatmak amacı ile kullanılmakta olduğunu, gıda ürünlerinin mikroenkapsülasyonunda dış ortam koşullarından kolaylıkla etkilenen katı ve sıvı yağlar, aroma bileşenleri, vitaminler, mineraller, renk bileşenleri ve enzimler çekirdek materyal olarak tercih edildiğini belirtmişlerdir. Duvar veya kaplama materyali olarak ise çoğunlukla nişasta, pullulan, sakkaroz, maltoz, glukoz, laktoz, maltodekstrin, arap zımkı, jelatin, peynir altı suyu proteinleri, kazein ve kazeinatlar kullanıldığını, gıda ürünlerinin enkapsülasyonunda püskürtmeli kurutma yöntemi ucuz ve kullanımının uygun olması sebebiyle en çok tercih edilen yöntem olduğunu, bunun yanı sıra dondurarak kurutma, püskürtmeli soğutma, akışkan yatak kaplama, ekstrüzyon, koaservasyon ve kokristalizasyon gibi yöntemler de kullanıldığını belirtmişlerdir.

Başıyığıt ve Çam (2016), birçok farklı alanlarda kullanıma sahip olan nane (*Mentha piperita* ve *Mentha spicata*) esansiyel yağının mikrokapsülleme olanakları üzerine araştırmalar yapmışlardır. Çalışmalarında mikroenkapsülasyon işlemi için gerekli olan kaplama malzemesinin oranını belirlemede optimizasyon işlemi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda duvar materyalinin oranına ve esansiyel yağın elde edildiği nanenin türüne göre mikroenkapsülasyon verimi, mikroenkapsülasyon etkinliği, Hausner oranı, Carr indeks, ıslanabilirlik ve su aktivitesi değerlerinin değişkenlik gösterdiğini görmüşlerdir. Bu verilerin doğrultusunda maliyeti günden güne artan arap zımkı kaplama maddesinin kullanımını azaltıcı olarak maltodekstrin- arap zımkı kombinasyonları için optimum noktaları belirlemişlerdir.

Güngör ve ark. (2013), yaptıkları araştırmada emülsiyon bazlı mikrokapsüle ürünlerin üretiminde, emülsiyonun stabilitesi, reolojik özellikleri, damlacık boyutu ve dağılımı son toz ürünün kalitesini doğrudan etkilediği için, gıda endüstrisinde kullanılan mikrokapsülasyon amaçlı yağ-su emülsiyonlarının; stabilitesi, reolojik özellikleri ve damlacık boyutu ve emülfikasyon yöntemleri hakkında bilgi vermişlerdir.

Kanakdande ve ark. (2007) arap zımkı, maltodekstrin ve modifiye nişasta (HiCap® 100) kullanılarak püskürterek kurutma yöntemi ile kimyon oleoresin'in mikrokapsülasyonları ve bunların üçlü harmanları, duvar malzemesi olarak, kapsülleme aktivitesi ve depolamadaki stabilite açısından incelemiştir.

Tatar (2012) yaptığı çalışmada balık yağı mikroenkapsülasyonunda hemiselülozu kaplayıcı madde olarak kullanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, püskürtmeli kurutucuda yapılan mikroenkapsülasyon işleminde kaplayıcı madde maliyetini düşürebilmek için hemiselülozun, arap zımkı ile birlikte kullanılabilmesini belirtmiştir.

Çevik (2017) yapmış olduğu çalışmada yarı katı özellikteki palm yağının fraksiyonu olan palm olein yağı (POL) ve %10 palm stearin içeren palm olein yağını (POS) mikroenkapsüle etmiştir. Kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve yağsız süt tozu, emülsifiye edici ajan olarak tween-20 kullanmış, emülsiyon hazırlamada klasik homojenizasyon yöntemini kullanmıştır. Kaplama materyali olarak yağsız süt tozu kullanılarak üretilen mikroenkapsüle POL ve POS toz ürünlerinin mikroenkapsülasyon etkinliği değerlerini sırasıyla %84.35 ve %84.28 tespit etmiştir. Mikroenkapsüle toz ürünlerde, yağsız süt tozu miktarı azaldıkça mikroenkapsülasyon etkinliğinin azaldığını ve peroksit değerinin arttığını saptamıştır. Toz ürünlerde yağsız süt tozu oranının artmasıyla birlikte topaklaşmanın azaldığını ve pürüzsüz yapının oluştuğunu gözlemlemiştir.

Literatür incelendiğinde mikroenkapsülasyon yönteminin gıdalarda kullanımı ile ilgili oldukça fazla sayıda yayına rastlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda birçok farklı gıda ürünü farklı kaplama materyalleri ile farklı mikroenkapsülasyon yöntemleri kullanılarak kaplanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda birçok ürünün dayanım süresi uzatılmış, yeni ürünler üretilmiş veya geliştirilmiştir. Fakat, kırmızıbiber tohum yağının mikroenkapsülasyonu ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kırmızıbiber tohumları

Şanlıurfa bölgesinde yetiştirilen kırmızıbiberler (Şekil 3.1.) bu araştırmada bitki materyali olarak kullanılmıştır. Temin edilen biberlerin çekirdekleri laboratuvar ortamında ayıklanmış ve yıkanarak temizlenmiştir. Daha sonrasında, temizlenen biber çekirdekleri kurutulmuş ve soğuk presleme yöntemi ile biber yağı çıkarılmıştır.



Şekil 3.1. Şanlıurfa kırmızıbiberi ve tohumu

3.1.2 Ham yağ eldesi

Şanlıurfa kırmızıbiber tohumlarının yağlarının elde edilmesinde laboratuvar tipi soğuk pres makinesi (Tuan Makina Sp 1560 S, Ankara, Türkiye) kullanılmıştır (Şekil 3.2.). Ön denemelerde belirlenen 12 mm çaplı çıkış ucu, 12 rpm sıkma hızı ve maksimum 100 °C çıkış sıcaklığı sabit parametreler olarak uygulanmıştır. Elde edilen yağlar filtre edilerek içinde bulunan tohum ve küspe parçaları gibi katı parçacıkların ayrılması sağlanmıştır.



Şekil 3.2. Soğuk pres cihazı ve yağ elde edilmesi

3.1.3. Kaplama materyali

Araştırmada mikroenkapsülasyon işleminde taşıyıcı madde olarak arap zamkı (Merck, Darmstad, Almanya) ve maltodekstrin DE 18 (Maldex 180, Amylum Slovakia, Slovakya) ve bunların farklı kombinasyonları kullanılmıştır.

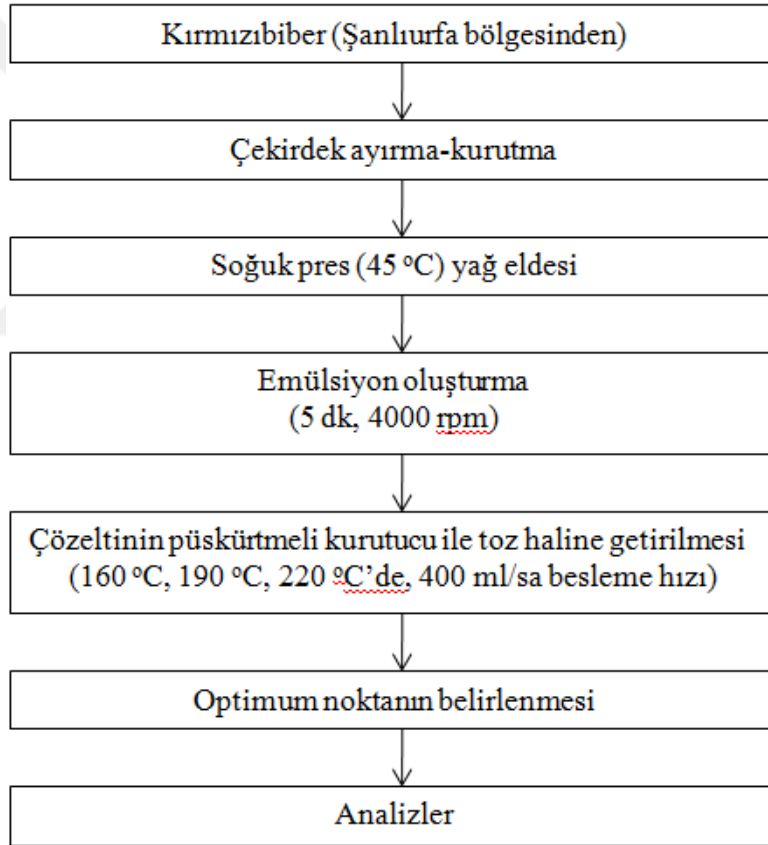
3.2. Yöntem

3.2.1. Emülsiyonun hazırlanması

Çalışmada kaplama materyali olarak arap zamkı (AZ) ve maltodekstrin (MD) kullanılmıştır. Kaplama materyalleri deneme desenindeki oranlara göre karıştırıldıktan sonra 200 ml saf suya tamamlanarak sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Elde edilen çözeltilere karıştırma desenindeki yağ oranı kadar biber yağı ilave edilmiştir. Oluşan son karışım klasik metotla Silverson L4R karıştırma cihazında, oda sıcaklığında emülsiyeye edilmiştir. Emülsiyon süresine ve hızına yapılan ön denemelerle karar verilmiştir. Bu nedenle 5 dk., 4000 rpm hızda emülsiyonlar oluşturulmuştur. Emülsiyonlar püskürtmeli kurutucuya oda sıcaklığında beslenmiştir.

3.2.2. Püskürterek kurutma

Oluşturulan emülsiyonlar LAB-PLANT SD-04 marka püskürtmeli kurutma ünitesinde kurutulmuş mikro kapsüller oluşturulmuştur. Mikroenkapsülasyon proses akım şeması Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Püskürtmeli kurutmada hava giriş sıcaklığı deneme deseninde belirtildiği gibi ayarlanmıştır. Ürün kaybının önlenmesi için hava akımı %30 olarak belirlenmiş, besleme ise peristaltik pompa yardımıyla atomizere 400 ml/sa olarak sağlanmıştır. Kuruyan mikro kapsüller siklon seperatörde ayrıldıktan sonra ürün toplama kabına toplanmıştır. Elde edilen örnekler nem almayacak şekilde kaplara alınarak numaralandırılmış ve +4 °C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.3. Biber yağı mikroenkapsülasyonunun proses akım şeması

3.2.3. Mikroenkapsülasyon optimizasyonu

Günümüzde ele alınan benzer çalışmalarda tohum yağlarının püskürtmeli kurutma yöntemiyle kaplanmasında çok sayıda farklı duvar malzemesi kullanılmış ve

bunlarla ilgili birçok analiz rapor edilmiştir. Literatür araştırmasından da yola çıkılarak bu çalışmada en uygun karışım kompozisyonları belirlenmiştir. Bu amaçla mikroenkapsülasyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılan nişasta türevleri Maltodekstrin ve Arap zankı kullanılmıştır. Karışımda Maltodekstrin- Arap zankı oranı minimum 1:1, maksimum 9:1 olarak uygulanmıştır. Bu taşıyıcı maddelere kuru madde miktarı üzerinden minimum %20, maksimum %30 biber yağı ilave edilmiştir. Enkapsülasyon sıcaklığının mikrokapsül üzerindeki etkisinin görülebilmesi için püskürtmeli kurutucu giriş sıcaklığı minimum 160 °C, maksimum 220 °C olarak belirlenmiştir. Mikroenkapsülasyon optimizasyonu için merkezi karma tasarım kullanılmış ve her bağımsız değişken 3 farklı düzeyde çalışılmıştır. Bağımsız değişkenler ve düzeyleri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Bağımsız değişkenler ve düzeyleri

Bağımsız değişken	Değişkenlerin düzeyleri		
	-1	0	+1
MD:AZ oranı	1:1	1:5	1:9
Yağ miktarı	%20	%25	%30
Kurutma sıcaklığı	160	190	220

Optimizasyon çalışmasının değerlendirilmesi için ölçülen bağımlı değişkenler; mikroenkapsülasyon etkinliği ve verim olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda; mikroenkapsüle edilen isot çekirdeği yağı örneklerinde en yüksek etkinlik ve en yüksek verimin elde edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür araştırması ve ön denemeler sonucunda bağımlı ve bağımsız değişkenler belirlendikten sonra optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu amaçla, JMP 8.0 (SAS, Cary, NC, USA) istatistik programı kullanılmıştır. Mikroenkapsülasyonun optimizasyonu için toplam 29 deneme gerektiren 3 faktör 3 düzey 2 merkez nokta olan merkezi karma tasarım benimsenmiştir. Optimizasyon için izlenen deneme düzeni, bağımsız değişkenler ve bu değişkenlerin düzeyleri Çizelge 3.2.’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Kırmızıbiber tohum yağının mikroenkapsülasyonunda kullanılan deneme deseni

Desen No	Sıcaklık °C	Yağ Oranı (%)	Maltodekstrin/Arap Zamkı
1	160	20	1:1
2	190	20	1:1
3	220	20	5:1
4	160	30	9:1
5	220	20	1:1
6	160	20	9:1
7	160	25	5:1
8	190	25	1:1
9	190	20	5:1
10	160	25	9:1
11	190	25	5:1
12	190	20	9:1
13	190	30	9:1
14	190	25	5:1
15	220	25	9:1
16	190	30	1:1
17	190	25	5:1
18	220	30	9:1
19	220	25	1:1
20	190	30	5:1
21	220	20	9:1
22	190	25	9:1
23	160	25	1:1
24	220	30	1:1
25	160	30	5:1
26	220	30	5:1
27	160	30	1:1
28	160	20	5:1
29	220	25	5:1

3.2.4. Fiziksel ve fizikokimyasal analiz metotları

3.2.4.1. Mikroenkapsülasyon verimi

Püskürtmeli kurutma sonucu ürün toplama haznesinde biriken mikrokapsüller toplam ürünü oluşturmuştur. Ürün verimi Eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$MV = \frac{\text{ÜM}}{\text{EKM}} \times 100 \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

MV: Mikroenkapsülasyon Verimi (%)

ÜM: Ürün Miktarı (g)

EKM: Emülsiyondaki Kuru Madde Miktarı (g) olarak verilmiştir.

3.2.4.2. Yüzey yağ miktarı ve mikroenkapsülasyon etkinliğinin belirlenmesi

Yüzey yağ miktarının belirlenmesi amacıyla 1 g örnek behere tartılarak, 5 ml petrol eteri içerisinde 3 dk. karıştırılmış ve 14-18 µm gözenek çapına sahip filtre kâğıdından (Filter-Lab 1240) daha önceden darası alınmış petri kaplarına süzümüştür. Filtre kâğıdında kalan kalıntı tekrar 5 ml petrol eteri ile karıştırılarak süzümüştür. Daha sonra petri kapları 70 °C sıcaklıktaki etüvde 30 dk. bekletilerek sabit tartıma gelene kadar petrol eteri uçurulmuştur. Son olarak petri kabı tartılmış ve yüzey yağ hesaplanmıştır.

Mikroenkapsülasyon etkinliği, mikroenkapsülasyon işleminden elde edilen üründeki yüzey yağı dışında kalan yağın toplam yağ oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Eşitlik 3.2). Eşitlikteki toplam yağ miktarının, başlangıçta taşıyıcı madde miktarına göre ilave edilen yağ eşit olduğu varsayılmıştır (Tonon ve ark., 2011).

$$ME = \frac{TYM - YYM}{TYM} \times 100 \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

ME: Mikroenkapsülasyon Etkinliği (%)

TYM: Toplam Yağ Miktarı (g)

YYM: Yüzey Yağ Miktarı (g)

olarak verilmiştir.

3.2.4.3. Hausner oranı ve Carr indeksi

Bir toz örneğinin dansitesi genellikle küme dansitesi olarak ifade edilir. Partikül hacmi ve por hacmini kapsar. Küme dansitesi bir tozun bir kaptaki işgal ettiği hacimden hareketle bulunur. Bir tozun bir silindire boşaltılmasından sonra ölçülür ve bağıl olarak gevşek bir yapı oluşur. Küme dansitesi tozun ağırlığının (m) hacmine (v) bölünmesi ile elde edilir (Eşitlik 3.3).

$$d = \frac{m}{v} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

d: Küme Dansitesi (g/ml)

m: Tartılan Tozun Kütlesi (g)

v: Tozun Hacmi (ml)

Bir toz kümesi üzerine vurma (tapping) yapılarak ince partiküllerin büyük partiküllerin arasındaki boşluklara yerleşmesi sağlanır ve tozun hacmi ölçülür. Kümenin hacmi vurma sayısı ile orantılı olarak azalmaktadır. Partiküller arası boşluklar tamamen dolunca hacim azalması belli bir noktaya gelir ve durur. Sıkıştırılmış dansite, tozun ağırlığının sıkıştırılmış hacmine bölünmesi ile hesaplanır (Eşitlik 3.4).

$$\text{Sıkıştırılmış Dansite} = \frac{\text{Tozun Ağırlığı (g)}}{\text{Sıkıştırılmış Hacim (ml)}} \quad (3.4)$$

Tozların küme dansitesi ile sıkıştırılmış dansiteleri arasındaki oran Hausner oranı olarak tanımlanır. Bu parametre tozun veya basım kütesinin sıkışabilmesi ile ilgilidir ve fitotablet teknolojisinde önemlidir. Tozların Hausner oranı 1.25'den küçük olduğunda iyi akış özelliği gösterdiği, 1.25'den büyük olduğunda ise düşük akış özelliği gösterdiği Davies, (2004) tarafından bildirilmiştir. Kohezif tozlarda bu değer 1.6'dır (Eşitlik 3.5).

$$\text{Hausner Oranı} = \frac{\text{Sıkıştırılmış Dansite}}{\text{Küme Dansitesi}} \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte;

ME: Mikroenkapsülasyon Etkinliği (%)

TYM: Toplam Yağ Miktarı (g)

YYM: Yüzey Yağ Miktarı (g)

olarak verilmiştir.

Carr basılabilirlik indeksi ile tozların akış özelliği değerlendirilmektedir (Calafato ve Pico, 2004) (Çizelge 3.3.). Carr indeksi aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Carr İndeks} = \frac{\text{Sıkıştırılmış Dansitite} - \text{Küme Dansititesi}}{\text{Sıkıştırılmış Dansitite}} \times 100 \quad (3.6)$$

Çizelge 3.3. Carr İndeksi ve Tozların Akışı

Carr İndeksi(%)	Akış Şekli
5-15	Mükemmel
12-16	İyi
18-21	Orta Dereceli
23-35	Zayıf
33-38	Çok Zayıf
>40	Aşırı Zayıf

3.2.4.4. Renk analizi

Optimum koşullarda püskürtmeli kurutucu ile elde edilen mikroenkapsül tozlarının depolama süresi boyunca L* (aydınlık değeri), a*± (kırmızılık indeksi) ve b*± (sarılık indeksi) değerleri HunterLab ile belirlenmiştir (Duangmal ve ark., 2008).

3.2.4.5. Peroksit tayini

Yağ örneklerinde peroksit sayısı tayini TS 894 standardına göre yapılmıştır. Buna göre erlene 1 g kırmızıbiber tohum yağı numunesi tartılmış, üzerine ise yağın çözünmesi için 10 ml kloroformda ilave edilmiştir. Daha sonra 15 ml asetik asit ve 1 ml doymuş KI çözeltisi erlene eklenmiş ve ağzı kapatılarak 1 dakika boyunca çalkalanmıştır. Çalkalama sonunda erlen 5 dakika karanlık ortamda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda 75 ml saf su eklenerek % 1'lik nişasta indikatörü eşliğinde kloroform fazındaki mavi renk kayboluncaya kadar 0.01 N sodyum tiyosülfat ile titre edilmiştir ve eşitlik 3.7'deki gibi hesaplanmıştır. Şahit deney için de aynı işlemler örnek yerine saf su koyularak yapılmıştır. Sonuçlar meq O₂/kg yağ olarak verilmiştir.

$$\text{Peroksit sayısı} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot N}{m} \times 1000 \quad (3.7)$$

Bu eşitlikte;

V_1 : Ana denemede harcanan 0.01 N tiyosülfat çözeltisinin hacmi (ml)

V_2 : Tanık deneme için harcanan 0.01 N tiyosülfat çözeltisinin hacmi (ml)

m : Numune miktarı (g)

N : Ayarlı tiyosülfat çözeltisinin normalitesi (0.01 N)

3.2.4.6. Nem miktarı

Nem miktarını belirlemek amacıyla elde edilen mikrokapsüller petri kabına 3 g tartılarak kurutma kabinde 105 °C'de sabit tartıma ulaşana dek (~24 sa) kurutulmuştur. Kurutma kabinden alınan örnekler desikatör içinde ortam sıcaklığına soğutularak son ağırlıkları ölçülmüş ve ağırlık kaybından % nem miktarı hesaplanmıştır.

3.2.4.7. Su aktivitesi(a_w)

Mikrokapsüllerin su aktivitesi (a_w) değeri su aktivitesi ölçme cihazı (Pre Aqua LAB) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla 3 g mikrokapsül, cihazın örnek kabına konulmuş ve oda sıcaklığında (25 ± 1 °C) denge nem değerine ulaşana dek bekletilmiştir. Denge halindeki a_w değeri dijital göstergeden kaydedilmiştir.

3.2.4.8. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

Mikroenkapsüller, morfolojik yapılarının (partikül yapıları ve gözenekler) incelenmesi amacıyla Taramalı Elektron Mikroskobu ile görüntülenmiştir. Mikroenkapsül örnekler daha net görüntü elde etmek amacıyla poladyum ile kaplandıktan sonra 30 kV'da x5000 büyütme ile çalışan yüksek vakum altında

Taramalı Elektron Mikroskobu (ZEİSS, Almanya) ile SEM görüntüleri elde edilmiştir.

3.2.4.9. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analizi

Optimum koşullarda elde edilen mikroenkapsüllerin bağ yapıları, bağ pozisyonları amino grupları fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu ile belirlenmiştir. Mikroenkapsül örneklerin potasyum bromürle hazırlandıktan sonra FTIR spekrofotometresi ile (IRTracer-100, Shidmadzu Corforation, Kyota, Japan) örneklerin spektrumları oda sıcaklığında, 4000 ile 400 cm^{-1} bölgede ve 1 cm^{-1} veri aralığı kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.4.10. Termogravimetrik analiz (TGA)

Kırmızıbiber tohum yağı kapsüllerinin termal özellikleri Thermogravimetric Analyzer DTG-60H (Shidmadzu Corporation, Kyota, Japonya) ile belirlenmiştir. Analizde kullanılan numunelerin ağırlıkları 4 mg ile 5 mg arasında değişmiştir ve azot atmosferinde 10 °C / dk.'da 30 °C ile 800 ° C'ye ısıtılmıştır.

3.2.4.11. Parçacık boyutu analizi

Optimum koşullarda oluşturulan mikrokapsüllerde, parçacık boyutu analizi Fuchs ve ark., (2006)'na göre lazer kırınım prensibi ile çalışan parçacık boyut analiz cihazının toz modülü (Malvern, Mastersizer 2000SR) kullanılarak yapılmıştır. Numune (enkapsüle yağ), saf su matriksinde Master Sizer sistemi ile tanecik boyutu analizine tabii tutulmuştur. Ölçüm sonuçları cihazın yazılımı (Malvern Application Ver. 5.60) yardımıyla d(0.1), d(0.5) ve d(0.9) değeri (μm) olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.12. Antimikrobiyal aktivite analizi

Bu tez çalışmasında üretilen BTY, MBTY ve hazır olarak temin edilen Arap zankı ve Maltodekstrinin antimikrobiyal analizleri dört farklı mikroorganizma üzerinde test edilmiştir. Gram pozitif bakteriler olarak *Staphylococcus aureus* subsp.

aureus (ATCC 6538P) ve *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212); Gram negatif bakteriler olarak ise *Escherichia coli* (ATCC 8739) ve *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027) mikroorganizmaları kullanılmıştır. Seçilen mikroorganizmalara karşı numunelerin antimikrobiyal aktivitesi, agar-well difüzyon yöntemi kullanılarak araştırıldı. Denemeler öncesinde *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 ve *Escherichia coli* ATCC 8739 gece boyunca 37 °C'de Nutrient broth içerisinde; *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* ATCC 6538P ve *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 Brain heart agar (BHI) içerisinde kültüre alınmışlardır. Çift damıtılmış suda çözüldürülmüş, 120 mg AZ, MD, AZ / MD ve MBTY, 100 mg / mL konsantrasyonda, agarda 9 mm çapında bir deliğe dolduruldu. Nutrient broth ve Brain heart agar'da 37°C'de 24 sa süresince tuz çözeltisi (0.85% NaCl) içerisinde süspansiyon edilen kültürler 0.5 Mac Farland standardına (10^7 CFU/ml) ayarlanmıştır. Antimikrobiyal etkinliğin belirlenmesi amacıyla bakterilerin tespitinde Müller Hilton agar kullanılmıştır. Eküvyon çubukları kullanılarak besiyeri yüzeyi bakteriyel kültürler ile inoküle edilmişlerdir. Numunelerin ve tetrasiklinin (pozitif kontrol) antimikrobiyal aktivitesi, minimum inhibitör konsantrasyonu (MIC), minimum bakteri konsantrasyonu (MBC) ve inhibisyon zonu hesaplanarak değerlendirildi.

3.2.4.13. İstatistiksel analiz

Çalışma süresince, bütün mikroenkapsüle toz ürünlerin denemeleri 3 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak yapılmıştır. Mikroenkapsüle toz ürünler için yapılan kalite analizi sonuçları JMP (ver. 8.0) paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. İsoot Tohumu Yağı

Şanlıurfa bölgesinde yetiştirilen kırmızıbiber tohumlarının yağı soğuk pres yöntemiyle elde edilmiştir. Kaplamanın iç maddesi olarak kullanılacak isoto çekirdeği yağı için 15 kg kurutulmuş çekirdek kullanılmış ve %14'lük verimle toplamda 2.1 L yağ elde edilmiştir. Kaplama işlemi yapılanaya kadar elde edilen yağ kitlesi +4°C 'de muhafaza edilmiştir.

Bu tez çalışmasında kullanılan isoto tohum yağının kimyasal bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kırmızıbiber yağının fizikokimyasal özellikleri

Fizikokimyasal Özellikler	Değerler
İyot değeri	94.26
Peroksit değeri (mEqO ₂ /kg)	6.35
Serbest yağ asidi (%)	0.22
Sabunlaşma değeri	181.45
Renk (L, a*, b*)	35.92; 20.49; 18.24
Kırınma indisi (24°C)	1.45
Yoğunluk (g/mL)	0.91
Özgül ağırlık	0.92
Enerji değeri (kcal/100g)	900

4.2. Mikroenkapsülasyon Optimizasyonu

Çalışma düzeninde belirtilen koşullarda isoto çekirdeği yağı farklı oranlarda Maltodekstrin ve arap zankı kullanılarak ve farklı giriş sıcaklıklarıyla püskürterek kurutma yöntemi ile kaplanmıştır (Şekil 4.1). Arap zankının ve maltodekstrinin, yağların mikroenkapsülasyonunda daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Su fazında apolar bileşiklerle emülsiyon oluşturma kapasitesinin yüksek olması arap zankının önemli bir özelliğidir (Jafari ve ark., 2008). Maltodekstrin ise yüksek konsantrasyonlarda düşük viskozite, uygun fiyat, iyi çözünürlük, doğal aroma ve tatta düşük emülsiyon kapasitesine sahip olduğu için diğer kaplama materyalleri ile kombine edilerek kullanılmaktadır (Madene ve ark., 2006).

Mikroenkapsülasyonun optimum koşullarının belirlenmesi için kütle verimi ve mikroenkapsülasyon etkinliği bağımlı değişkenler olarak kullanılmıştır. Toplam 29 deneme gerektiren 3 faktör 3 düzey 2 merkez nokta olan merkezi karma tasarım ile oluşturulan deneme deseninde elde edilen verim ve etkinlik sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Bağımlı değişkenlerin en yüksek değerlerine göre düzenlenen optimizasyon çalışmasında elde edilen sonuçlar JMP 8.0 istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda en yüksek verim ve etkinlik değerleri 184 °C, maltodekstrin / arap zıncı oranı: 5/1 ve % 20'lik yağ oranı koşullarında oluşmuş ve söz konusu koşullar optimum üretim koşulları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Optimum koşulların deneysel ve tahmini verileri 0.90 kabul edilebilirlik düzeyine sahip olmuştur. Optimum koşullarda üretilen mikroenkapsüller verim ve etkinlik değerleri için doğrulama analizlerinde kullanılmıştır. Yapılan doğrulama analizlerinde verim için 0.98 ve etkinlik için 0.99 regresyon katsayıları oluşmuştur.



Şekil 4.1. Püskürterek kurutma aşamasından bir görüntü

Çizelge 4.2. Merkezi karma tasarım ile oluşturulan deneme deseninde elde edilen verim ve etkinlik sonuçları

Örnek	Sıcaklık °C	Yağ Oranı (%)	SÇKM-MD-AZ (g/g) ¹	% Verim	% Etkinlik
1	160	20	36:18:18	46.698	81.714
2	190	20	36:18:18	38.150	87.142
3	220	20	36:30:6	50.066	81.692
4	160	30	36:32.4:3.6	50.652	81.125
5	220	20	36:18:18	52.910	76.447
6	160	20	36:32.4:3.6	52.795	77.535
7	160	25	36:30:6	48.223	84.609
8	190	25	36:18:18	42.565	79.526
9	190	20	36:30:6	53.672	77.143
10	160	25	36:32.4:3.6	49.790	78.447
11	190	25	36:30:6	48.548	76.968
12	190	20	36:32.4:3.6	48.172	78.880
13	190	30	36:32.4:3.6	46.693	82.012
14	190	25	36:30:6	48.042	75.294
15	220	25	36:32.4:3.6	52.410	80.046
16	190	30	36:18:18	47.144	82.194
17	190	25	36:30:6	47.547	79.121
18	220	30	36:32.4:3.6	50.464	76.490
19	220	25	36:18:18	50.411	85.897
20	190	30	36:30:6	53.062	70.953
21	220	20	36:32.4:3.6	57.772	72.405
22	190	25	36:32.4:3.6	57.146	79.565
23	160	25	36:18:18	47.114	74.007
24	220	30	36:18:18	47.112	67.454
25	160	30	36:30:6	43.641	75.120
26	220	30	36:30:6	46.534	74.787
27	160	30	36:18:18	34.991	69.760
28	160	20	36:30:6	46.711	74.496
29	220	25	36:30:6	51.967	69.905

¹SÇKM: Suda Çözünür Kuru madde, MD: Maltodekstrin, AZ: Arap Zımkı



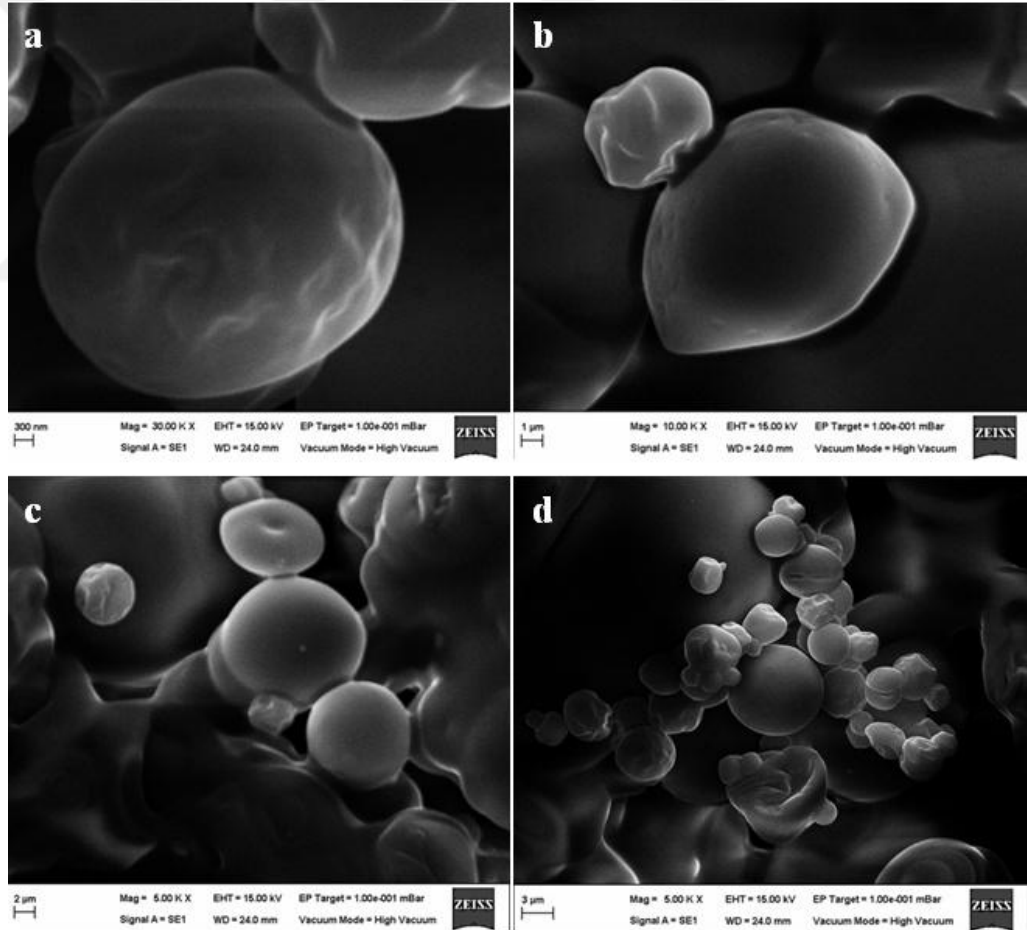
Şekil 4.2. Optimum koşulda elde edilen MBTY'den bir görüntü

4.3. Enstrümantal Analizler

4.3.1. Taramalı elektron mikroskobu(SEM) analizi

Mikroenkapsülasyon optimizasyonu sonucu tespit edilen optimum koşullarda (184°C'de, 5:1 MD:AZ oranı ve %20 yağ konsatrasyonu) üretilen mikroenkapsüle biber yağının SEM görüntüleri Şekil 4.3.'de verilmiştir. Partiküllerin yapısı ve gözenekliliği, kurutma hızı, kurutucu hava giriş sıcaklığı ve hava çıkış sıcaklığı (Anker ve Reineccius, 1988) gibi kurutma sırasında su tutma kapasitesini belirleyen parametrelerden biridir (Kneifel ve Seiler, 1993). Mikroenkapsüllerin yüzey görüntüleri incelendiğinde üretilen mikroenkapsüle yağ örneklerin yüzeylerinin pürüzsüz bir görüntüye ve nispeten düzgün dairesel bir geometrik şekle sahip oldukları tespit edilmiştir. Bununla beraber mikroenkapsüllerin yüzeylerinde önemli ölçüde herhangi bir deformasyon, çukurlaşma, çökme, çatlak ve hava boşluklarının olmadığı tespit edilmiştir. Çatlama olayı genellikle yüksek sıcaklıklarda yüzeyde aniden bir kabuk oluşumu ve sonrasında mikrokapsül içerisinde hava kabarcıklarının kalması, genişlemesi, en sonunda da partikül yüzeyinin çatlaması şeklinde olmaktadır (Drusch ve Schwarz, 2006). Çatlamaların oluşmaması kaplayıcı

materyalin püskürtmeli kurutmanın son aşamasında yaptığı genişleme boyunca iyi bir viskoelastik özellik gösterdiğini ifade etmektedir (Jafari ve ark., 2007). Bae ve Lee (2006) yapmış oldukları çalışmada avakado yağı mikroenkapsüle toz ürünlerin SEM görüntülerini incelediklerinde gözle görünür herhangi bir çatlak ve çökme görmemişler, kaplama maddesindeki maltodekstrin miktarı arttıkça yapının sıkılaşıp topaklanmaya başladığını raporlamışlardır. Vaidya ve arkadaşlarının (2006) yapmış oldukları çalışmada da arap zıncığı ve maltodekstrin ile kaplanmış mikrokapsüllerin küre biçiminde olduğunu ancak yüzeyde çökmeler olduğunu bildirmişlerdir. Çökmüş mikrokapsüllerin bulunması püskürtmeli kurutma işleminde atomizasyon mekanizmasının varlığına dayandırılmaktadır. Çünkü kuruma ve soğuma sırasında partiküller büzülebilmektedirler.



Şekil 4.3. Optimum koşulda elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri¹

¹ a:300 nm, b:1 µm, c: 2 µm, d: 3 µm

4.3.2. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analizi

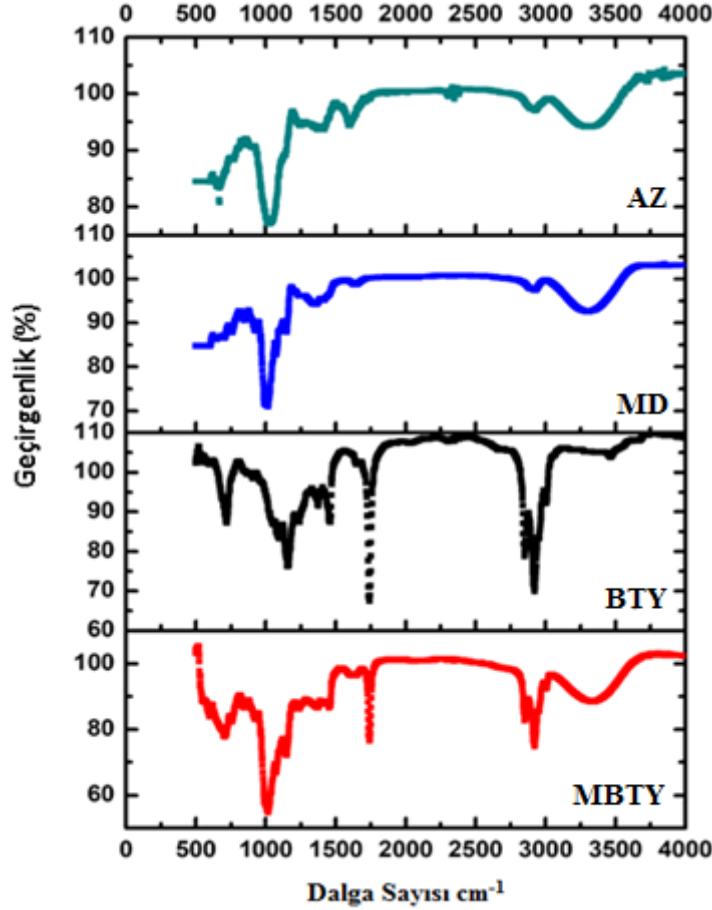
Mikrokapsülde kullanılan duvar materyallerinin (AZ ve MD), isot yağının ve optimum koşullarda püskürtmeli kurutma ile elde edilmiş kırmızı biber tohum yağı kapsüllerinin molekül türünü doğrulamak için FTIR spektroskopisi analizi yapılmıştır. Analizden önce numunelerin su aktivite değerleri yaklaşık 0.1 olarak tespit edilmiştir. Kullanılan materyallerin ve elde edilen kapsüllerin arasındaki ilişkiyi incelemek için FTIR spektrumları kaydedilmiştir (Şekil 4.4). Hem arap zamkının da hem de maltodekstrin de daha öncede bildirildiği gibi benzer pikler gözlemlenmiştir. Bu kaplama materyallerinin polimer yapısı sprey kurutma sırasında değişmediğini gözlemlenmiştir. Karbonhidrat kökenli olan arap zamkı ve maltodekstrinin numune spektrumları, hidroksil (-OH) gruplarının karakteristiği olan 3300 cm^{-1} dalga boyunda (γ) geniş bir germe bandı sergilemiştir (Ranjbar Mohammadi ve ark., 2013). Bu bandın kapsüllenmiş yağda görülmesine neden olan maltodekstrin ve arap zamkının molekül yapısı olduğu düşünülmektedir.

AZ, MD ve BTY'deki, yaklaşık $2800 - 3000\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikler, CH_2 gruplarının germe titreşimlerinden kaynaklanır (Fadavi ve ark., 2014) ve BTY'nin yağ karakteristiği nedeniyle daha geniş absorpsiyon değeri göstermiştir. MBYÇ'de de görünen bu pikler BTY'nin kapsüle edildiğini göstermektedir.

Yaklaşık 1700 cm^{-1} 'de görünen pikler C=O gruplarının germe titreşiminden kaynaklanmaktadır. 1620 ve 1650 cm^{-1} 'de görünen piklerde sırayla arap zamkı ve maltodekstrin yapısındaki C=O gruplarından varlığından kaynaklanmaktadır (Neo ve ark., 2013). Bu pik noktaları kapsüllenmiş BTY'de de açıkça görülmektedir ve bu piklerin arap zamkından (1620 cm^{-1}), Maltodekstrinden (1650 cm^{-1}) ve kırmızıbiber tohum yağından (1700 cm^{-1}) olduğu Şekil 4.4'te görülmektedir.

BTY'de $1050-1250\text{ cm}^{-1}$ aralığında görünen pik C-O bağlarından, MD ve AZ'da $950-1050\text{ cm}^{-1}$ aralığında görünen pik ise C-H gruplarından kaynaklanır (Mitic ve ark., 2009). Bu pik noktalarının da MBTY'de görüldüğü anlaşılmaktadır. Sonuç olarak mikroenkapsüle kırmızıbiber tohum yağının, kullanılan kaplama

materyalleri arap zamkı ve maltodekstrinden ve çekirdek materyal olan biber tohum yağından karakteristik özellikleri aldığı FTIR spektroskopisinden açıkça anlaşılmaktadır.



Şekil 4.4. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analiz sonuçları

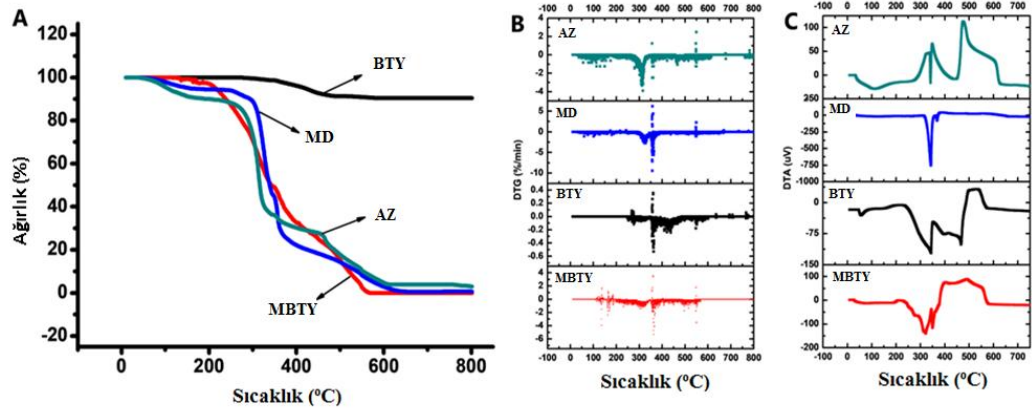
4.3.3. Mikrokapsüllerin termal kararlılık analizleri (TGA, DTG ve DTA)

Optimum koşullarda elde edilen biber tohum yağı mikrokapsüllerinin termal özellikleri, termogravimetrik analiz (TGA), diferansiyel termal analiz (DTA) ve diferansiyel termal gravimetre (DTG) eğrilerine dayanarak analiz edilmiştir. MD, AZ, BTY ve MBTY örneklerinin TGA ağırlık kaybı eğrileri, Şekil 4.5a'da gösterilmektedir. Analiz sonuçları numuneler arasında farklı ağırlık kayıpları olduğunu göstermektedir. Grafikte ilk gözle görülür kütle kaybı (yaklaşık 100°C'de), arap zamkında daha sonra maltodekstrinde olduğu görülmektedir. Bunun su (nem) kaybıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir (Mothé ve Rao, 2000). TGA eğrileri

başlangıçta (100 ile 200°C arasında, yaklaşık %10 kütle kaybı) MBTY'nin AZ ve MD'den daha yüksek termogravimetrik stabiliteye sahip olduğunu göstermektedir ve her ikisi de sıcaklık değişimleri boyunca daha fazla kütle kaybı göstermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere, AZ en düşük termogravimetrik kararlılığa sahiptir.

Başlangıçtaki bozunma sıcaklığı, yaklaşık 200 °C'de ve maksimum bozunma hızı, polisakaritlerin tipik bir termal bozunma profili olan 300 °C civarında tanımlanabilir (Danilovas ve ark., 2014). Bu, makromoleküllerin depolimerizasyonundan veya termal ayrışmasından ve sonradan uçucu hale gelmesinden kaynaklanır (Pereira ve ark., 2009). Maltodekstrinin 350°C'den sonra, arap zambanının ise 425°C'den sonra kütle kayıp hızının azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak 550°C sıcaklıkta MBTY'nin, 600°C'den sonrada MD ve AZ karbon ürünlerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, MBTY'nin belirgin bir kütle kaybı olmadan 100 ° C'yi geçtiği, hatta 200 ° C'ye kadar termostabil olduğu görülmüştür ve gıda sterilizasyon işlemlerinde uygulanan sıcaklık değerleri düşünüldüğünde MBTY'nin ısı dayanımının makul seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

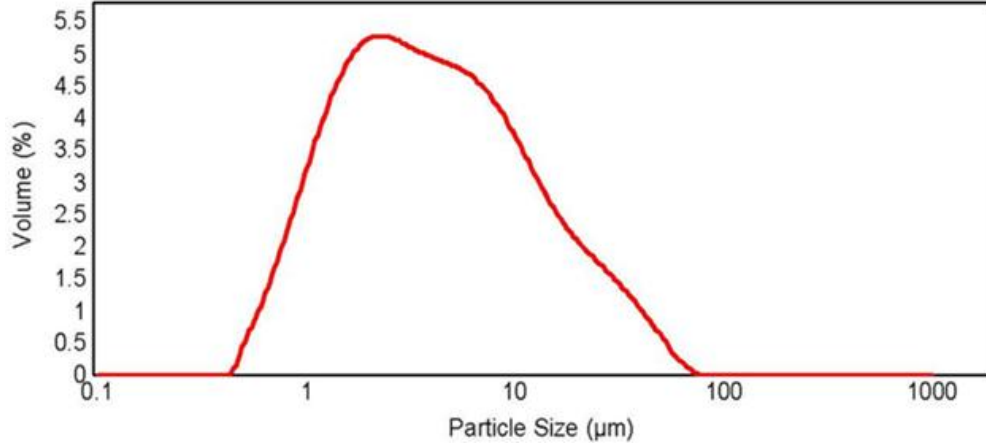
Bozunma sıcaklığı, maddenin termal depolimerizasyon sırasında maksimum ağırlık kaybını gösterdiği sıcaklık olarak tanımlanabilir (Lei ve ark., 2018). DTG eğrilerindeki tepe değerleri, ayrışma sıcaklığını göstermek için kullanılır (Şekil 4.5b). Mikrokapsüllerde MD ve yağ yükünün varlığının DTG eğrilerinde gösterildiği gibi daha yüksek termostabilite ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. DTA analizi ise, duvar ve çekirdek malzemelerinde görünen tüm termal özelliklerin MBTY'de de görüldüğünü göstermiştir (Şekil 4.5c).



Şekil 4.5. TGA, DTG ve DTA

4.3.4. Parçacık boyutu analizi

Optimum koşullarda elde edilen mikroenkapsüllerin parçacık büyüklüğü dağılımı $d(0.1)$, $d(0.5)$ ve $d(0.9)$ değeri (μm) üzerinden hesaplanmıştır. Parçacık boyutu analizinden elde edilen sonuçlar Şekil (4.6)'de verilmiştir. Optimum koşulda elde edilen kırmızıbiber tohum yağı mikrokapsülleri için partikül büyüklüğü $0,5 \mu\text{m}$ ile $90 \mu\text{m}$ arasında gözlenmiştir. Partikül büyüklüğünün % 80'inin $1 \mu\text{m}$ ile $15 \mu\text{m}$ arasında olduğu görülmektedir. En fazla yoğunluğun yaşandığı büyüklük ise $2-3 \mu\text{m}$ aralığı olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda balık yağı mikrokapsüllerinin ortalama görünen çapları $15-20 \mu\text{m}$ olarak tespit edilmiştir (Di Giorgio, 2019). Carneiro ve arkadaşları (2013) yapmış olduğu çalışmada keten tohum yağını MD-AZ ile kapsülleyerek, partikül büyüklüğünü $5 \mu\text{m}$ ile $500 \mu\text{m}$ arasında bulmuşlardır. Analiz sonuçlarında da anlaşıldığı üzere kırmızıbiber yağı enkapsülasyonunda elde edilen kapsüllerin mikro düzeyde olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6. Optimum koşullarda üretilen mikroenkapsüllerin parçacık boyutu analizi sonuçları

4.4. Mikroenkapsüle İsoot Çekirdeği Yağının Depolama Analizleri

Optimum koşullarda elde edilen mikroenkapsüller +4 °C'de ve oda sıcaklığında (+25 °C) 30 gün süresince depolanmış ve 0., 7., 15. ve 30. günlerde Carr indeks (Akabilirlik), yüzey yağ (Mikroenkapsülasyon etkinliği), su aktivitesi, peroksit ve renk analizleri yapılmıştır.

4.4.1. Depolama süresince Carr indeks değerlerinin değişimi

Carr (1965) toz ürünlerin yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluklarını kullanarak belirlediği “Carr Index (CI)” değerlerine göre; CI değerinin 35-45 arasında kötü, 45'ten büyük ise çok kötü olarak tanımlamıştır. Optimum noktada elde edilen kırmızıbiber tohum yağı mikroenkapsüllerinin Carr indeks değerleri +4 °C'de 43.09 ile 46.26 arasında, oda sıcaklığındaki örneklerin Carr indeks değerleri ise 43.49 ile 46.26 arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). Depolama sırasında büyük farklılıklar oluşmadığı gözlemlenmiştir. Fuchs ve arkadaşlarının (2006) bitkisel yağın arap zıncı ve maltodekstrin ile yapılan enkapsülasyonunda Carr indeks değeri 44'dür. Güngör (2013)'de yapmış olduğu çalışmada zeytinyağını mikroenkapsüle etmiş ve tozların akabilirliklerinin iyi olmadığı bulgulamıştır. Özellikle maltodekstrin içeren ürünlerin Carr Index değerlerinin 45'den yüksek olduğunu söylemiştir.

Mikroenkapsüle zeytinyağı tozu akabilirlik değerlerinin bağımsız değişken olarak seçilen homojenizasyon hızı, besleme debisi ve kaplama materyali oranlarından istatistiksel olarak etkilenmediğini bulgulanmıştır. Sonuç olarak elde edilen CI değerlerinin 40'tan büyük olması elde edilen kırmızıbiber tohum yağı kapsüllerinin akabilirliklerinin çok iyi olmadığını göstermiştir.

Çizelge 4.3. Optimum noktada elde edilen kapsüllerin depolama sırasındaki Carr indeks değerleri

Carr index	Depolama koşulları	Günler			
		0.	7.	14.	30.
	+4 °C	45.75±0.88 ^a	46.26±0.54 ^a	43.09±1.17 ^a	43.27±0.59 ^a
	+25 °C	45.75±0.88 ^a	44.79±0.14 ^a	46.26±0.53 ^a	43.49±0.89 ^a

¹Her veri, üçlü ölçümlerin ortalama ± standart sapması olarak ifade edilir (n = 3).

²Aynı sütundaki farklı harfler, depolama sırasında her parametre için % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir.

4.4.2. Yüzey yağ ve etkinlik değerleri

Bazı çalışmalara göre toplam yağ analizi yapılmayarak emülsiyonda bulunan yağ oranı kabul edilerek mikroenkapsülasyon etkinliğini hesaplanmaktadır. Bundan dolayı mikroenkapsülasyon etkinliği değerleri daha yüksek belirlenmektedir (Tonon ve ark., 2011). Mikroenkapsülasyon işleminin en önemli kalite kriterleri arasında yüzey yağ miktarı vardır. Yüzey yağ miktarından mikroenkapsülasyon etkinliği, kaplama maddesi veya maddelerinin etkinliği belirlenir. Yağların mikroenkapsülasyonunda ise özellikle peroksit değerini doğrudan etkilediği için mikrokapsüllerdeki yüzey yağ miktarı çok büyük önem arz etmektedir (Çevik, 2017). Çizelge 4.4'de de görüleceği üzere mikroenkapsülasyon etkinliği +4 °C'de %80.76- %83.08 aralığında, oda sıcaklığında ise %78.03 ile %83.03 arasında değişmektedir. Sonuçlar gösteriyor ki oda sıcaklığındaki depolama sırasında gün geçtikçe mikroenkapsülasyon etkinliğinin azaldığı görülmektedir. Fakat +4 °C'de daha stabil kalarak % 81 dolayında olduğu görülmektedir. Kaushik ve arkadaşlarının (2016) yaptıkları çalışmada püskürtmeli kurutucu ile üretilen mikroenkapsüle toz keten tohumu yağı örneklerinin mikroenkapsülasyon etkinliği değerlerinin %73.43 ile % 87.6 olduğunu raporlamışlardır. Pauletti ve Amestoy (1999) tarafından yapılan çalışmada peynir altı suyu tozu proteinleri ve maltodeskrin farklı oranlarda kombine edilmesi sonucunda ürettikleri mikroenkapsüle toz ürünlerin mikroenkapsülasyon etkinliği değerlerinin %60.59 ile %92.30 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.4. Optimum noktada elde edilen kapsüllerin depolama sırasındaki mikroenkapsülasyon etkinliği değerleri

Etkinlik	Depolama koşulları	Günler			
		0.	7.	14.	30.
	+4 °C	82.75±1.75 ^a	81.62±0.9 ^a	80.76±0.3 ^a	83.08±1.29 ^a
	+25 °C	82.75±1.75 ^a	78.03±1.46 ^a	80.63±1.04 ^a	79.96±0.21 ^a

¹Her veri, üçlü ölçümlerin ortalama ± standart sapması olarak ifade edilir (n = 3).

²Aynı sütundaki farklı harfler, depolama sırasında her parametre için % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir.

4.4.3. Su aktivitesi değerleri

Su aktivitesi ve nem birbirinden farklı indeksler olup su aktivitesi gıda sistemlerinde biyokimyasal reaksiyonlardan sorumlu serbest suyu temsil ederken nem gıdadaki toplam suyu temsil etmektedir (Quek ve ark., 2007). Bu yüzden su aktivitesinin yüksek olması biyokimyasal olaylar için daha fazla serbest suyun olması demektir ki bu indeksteki artış ürünün raf ömrünü önemli düzeyde azaltmaktadır (Vardin ve Yaşar, 2012). Çizelge 4.5'den de anlaşılacağı üzere depolama süresince su aktivitesi artmıştır. Fakat 7. günden itibaren dengeye gelmiştir. Oda sıcaklığında ki depolamada aktivitesinin +4 °C'deki değerlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Çıkan sonuçlar Bastioğlu ve ark. (2017) buldukları sonuçlarla paralellik göstermiş ve yapmış oldukları çalışmada mikroenkapsüllerin su aktivitesindeki artışın başlangıçta amorf yapıda olan KYM'nin zaman içerisinde kristalleşmesinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Domain ve Wşak (2008) yaptıkları çalışmada mikronekapsüle toz ürünlerinin su aktivitesi değerlerini 0.04 ile 0.15 arasında olduğunu, Kaushik ve ark. (2016) ise yapmış olduğu çalışmada su aktivitesi değerlerinin 0.241 ile 0.272 olduğunu rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.5. Optimum noktadaki mikrokapsüllerin +4 °C ve +25 °C'deki 30 günlük depolama boyunca a_w değişimi

a _w	Depolama koşulları	Günler			
		0.	7.	14.	30.
	+4 °C	0.142±0.00 ^a	0.161±0.00 ^a	0.167±0.00 ^a	0.169±0.00 ^a
	+25 °C	0.142±0.00 ^a	0.153±0.00 ^a	0.158±0.00 ^a	0.160±0.00 ^a

¹Her veri, üçlü ölçümlerin ortalama ± standart sapması olarak ifade edilir (n = 3).

²Aynı sütundaki farklı harfler, depolama sırasında her parametre için % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir.

4.4.4. Renk analizi (L, a, b)

Kapsüllerin renk özelliklerini belirlemede Hunter Lab renk cihazı kullanılmıştır. Optimum noktadaki kapsüllerin +4 °C'deki ve oda sıcaklığındaki 30 günlük depolama süresince L*, a* ve b* değerleri ölçülmüştür. Renk analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Her iki depolama sıcaklığında ve farklı depolama günlerinde L*, a* ve b* değerlerinin büyük bir fark olmadığı gözlenmiştir. Ancak a* değeri depolama sırasında her iki ortamda da düşüş göstermiştir. Renk analizinde b* değeri ise +4 °C'de depolama boyunca yükselmiş, +25 °C'de ise düşüş göstermiştir.

Çizelge 4.6. Optimum koşulda elde edilen mikrokapsüllerin 4 ve 25 °C'deki 30 günlük depolama boyunca renk parametreleri

Günler	L*		a*		b*	
	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C
1	89.47±0.72 ^a	89.47±0.72 ^a	3.42±0.02 ^a	3.42±0.02 ^a	14.84±0.07 ^a	14.84±0.07 ^b
7	89.00±0.6 ^a	90.17±0.63 ^a	3.41±0.02 ^a	3.24±0.14 ^a	15.07±0.08 ^a	14.23±0.04 ^b
14	89.48±0.05 ^a	90.14±0.20 ^a	3.37±0.04 ^a	3.25±0.03 ^a	15.06±0.10 ^a	14.23±0.03 ^b
30	89.30±0.11 ^a	90.12±0.11 ^a	3.35±0.03 ^a	3.24±0.02 ^a	15.08±0.06 ^a	14.20±0.31 ^b

¹Her veri, üçlü ölçümlerin ortalama ± standart sapması olarak ifade edilir (n = 3).

²Aynı sütundaki farklı harfler, depolama sırasında her parametre için % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir.

4.4.5. Peroksit tayini

Peroksit değeri, yağların raf ömrünü belirleyen en önemli kriterlerden birisidir. Yağdaki peroksit miktarı yağın oksidasyon derecesi ve raf ömrünün ne kadar olabileceği konusunda fikir vermektedir (Göğüş ve ark., 2009). Yağ içeriği yüksek olan mikrokapsüle toz ürünlerde oksidasyon derecesi peroksit analiziyle kolay bir şekilde bulunabilmektedir. Mikrokapsüle yağın peroksit değeri (PV), giriş sıcaklığından ve sonuçta ortaya çıkan mikrokapsülleme etkinliğinden (ME) etkilenmektedir (Aghbashlo ve ark, 2013). Düşük mikrokapsülasyon etkinliği ve giriş sıcaklığı, yüzey yağının ve peroksit değerinin daha yüksek çıkmasına neden olmaktadır (Tonon ve ark., 2011). Bu nedenle, yüksek ME değeri (% 82,75), püskürtülerek kurutulmuş yağ kapsüllerinin oksidatif stabilitesini yansıtmaktadır. Mikrokapsüllemenin MBTY üzerindeki oksidasyonun zararlı etkilerine karşı koruyucu etkisini belirlemek için mikrokapsüle örnekler 30 gün boyunca 4 °C ve 20 °C'de saklandı. Numunelerin başlangıçtaki peroksit değeri 6.35 mEq O₂ / kg olarak ölçülmüştür ve 30 günlük depolamadan sonra +4 °C'de 6,37 mEq O₂ / kg'a, +25 °C'de

ise 6,38 mEq O₂ / kg yükselmiştir (Çizelge 4.7) ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. MBTY'nin AZ / MD ile mikrokapsülenmesinin koruyucu performansını daha iyi açıklamak için örnekler, 4 gün boyunca kontrollü olarak BTY ile birlikte 60 ° C'de saklanmıştır. Şekil 4.7'dan da anlaşılacağı üzere mikrokapsülenmiş yağın peroksit değeri değişmeden kalırken (6,35 meq O₂ / kg), 4 günlük depolamadan sonra, BTY'nin peroksit değeri 18 meq O₂ / kg'a yükselmiştir.

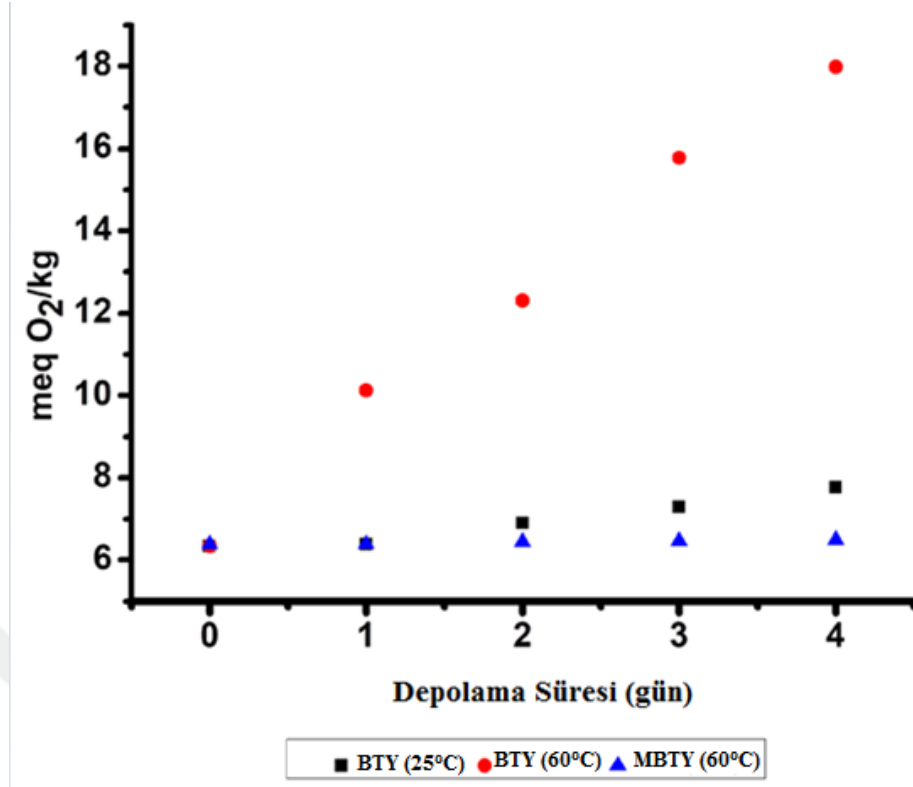
Ahn ve ark. (2008) en uygun şartlarda ürettikleri ayçiçeği yağı mikrokapsüllerinde (ME = %70.2), 30 günlük depolama süresi sonrası ayçiçeği yağının, optimum şartlarda üretilen mikrokapsüllere nazaran 8 kat daha yüksek peroksit değeri belirlemiştir. Tontul (2011)'de yaptığı çalışmada keten tohum yağını peyniraltı suyu protein konsantresi – maltodekstrin (1:4 oranında) kaplama materyali ile mikrokapsüllemiş ve 60°C'de 4 gün depolama sonucunda peroksit değerinin 1 meq O₂ / kg'dan 5 meq O₂ / kg'a çıktığını bildirmiştir. Çevik (2017)'de yaptığı çalışmada, palm yağı mikroenkapsüle toz ürünlerde, yağsız süt tozu miktarı azaldıkça mikroenkapsülasyon etkinliğinin azaldığını ve peroksit değerinin arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.7. Optimum koşulda elde edilen mikrokapsüllerin 4 ve 25 °C'deki 30 günlük depolama boyunca peroksit değişimi

Peroksit Değeri (mEq O ₂ /kg)	Depolama koşulları	Günler			
		0.	7.	14.	30.
	+4 °C	6.35±0.00 ^a	6.35±0.00 ^a	6.36±0.00 ^a	6.37±0.00 ^a
	+25 °C	6.35±0.00 ^a	6.37±0.00 ^a	6.37±0.00 ^a	6.38±0.00 ^a

¹Her veri, üçlü ölçümlerin ortalama ± standart sapması olarak ifade edilir (n = 3).

²Aynı sütündeki farklı harfler, depolama sırasında her parametre için % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir.



Şekil 4.7. Depolama süresince BTY ve MBTY'nin peroksit değerleri

4.4.6. Antimikrobiyal aktivite

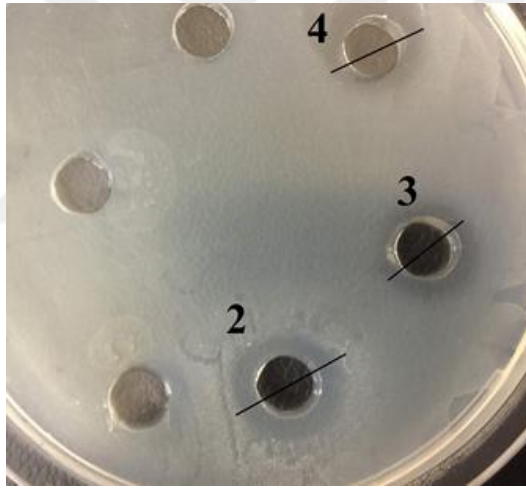
Yapılan çalışma sonucuna MBTY (60°C) göre isot yağı *S.aureus*'a karşı antimikrobiyal aktivite gösterirken, *E.faecalis*, *E.coli* ve *P.aeruginosa*'ya karşı antimikrobiyal aktivite göstermemiştir. Ağaoğlu (2007)'de kırmızıbiberin *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Candida albicans* gibi mikroorganizmalara karşı inhibe edici etki göstermediğini bildirmiştir. Başka bir araştırmada, kırmızıbiberin ana metaboliti olan kapsaisin, *E. coli* ve *Saccharomyces cerevisiae*'ye karşı da etkili bulunmamıştır (Torres ve ark., 1999). Yapılan bu çalışmada enkapsüle isot yağının *S.aureus*, *P.aeruginosa* ve *E.faecalis*'e karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Kapsüllenmiş BTY *E. coli*'ye karşı herhangi bir tespit edilebilir antimikrobiyal aktivite göstermemiştir (Çizelge 4.8.). Kapsüllenmiş isot yağı, arap zamkı ve arap zamkı+maltodeksrinin *S.aureus*'da oluşturduğu zon görünümü Şekil 4.8'da verilmiştir. İsoot yağlarının enkapsülasyonundan sonra antimikrobiyal aktivitelerinin yükselmesinde arap

zamkının antimikrobiyal etkisinden kaynaklandığı düşünölmektedir. Maltodekstrinin ise söz konusu mikroorganizmalara karşı herhangi bir antimikrobiyal etki gösterememiştir.

Sonuç olarak yapılan analizde MBTY arap zamkđ kaplama materyali sayesinde antimikrobiyal özellik kazandığı görölmüştür.

Çizelge 4.8. BTY, MD, MBTY ve AZ'in antimikrobiyal aktivite sonuçları

Numuneler	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.faecalis</i>
İsot yağı	-	13 mm	-	-
Kapsöllenmiř isot yağı	-	15 mm	11 mm	10 mm
Maltodekstrin	-	-	-	-
Arap zamkđ	11 mm	14 mm	17 mm	14 mm
Arap zamkđ ve Maltodekstrin	-	12 mm	12 mm	11 mm



Şekil 4.8. *S.aureus*'da oluşturduğu zon görünümü (2-Kapsöllenmiř isot yağı, 3-Arap zamkđ+maltodektrin, 4-arap zamkđ)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Son yıllarda tüketicilerin fonksiyonelliği arttırılmış, tüketime hazır olan ürünlere ilgisi gittikçe artmaktadır. Biyoaktif bileşen içeriği yüksek gıdaların bu amaçla kullanımı yaygınlaşmaktadır. Aynı zamanda dünya nüfusunun artışı ve azalan kaynaklar yeni gıda elde etmeye yönelik yolların araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Yarattıkları çevresel, ekonomik ve yönetsel giderler nedeniyle gıda atıklarının değerlendirilmesi de önemli konulardan biri haline gelmiştir.

Dünyada biber üretimi domatesten sonra en çok yaygınlık gösteren bitkisel zirai faaliyetlerden birisidir. Türkiye ve özellikle Şanlıurfa yöresi önemli biber yetiştiriciliği yapılan bölgeler arasındadır. Üretilen biberlerin önemli bir kısmı ya taze tüketilir ya da pul biber üretiminde kullanılır. Dolayısı ile bölgede yetiştirilen biberler endüstriyel bir ürün haline gelmiştir ve işlenmeleri esnasında önemli miktarda biber tohumu açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan biber tohumunun değerlendirilmesi ülke kaynaklarının korunması ve getireceği ekonomik ve çevresel faydalar nedeniyle önem arz etmektedir. Dolayısıyla biber tohumlarından soğuk pres ile yağ eldesi bu atıkların değerlendirilmesi için geçerli bir yöntemdir.

Ancak yağlar hidroskobik yapıları nedeniyle kolaylıkla gıda üretiminde kullanılamamakta, sahip oldukları çift bağlar nedeniyle okside olmaktadır. Bu nedenle bu yağların mikroenkapsülasyonu hem gıda matrisi içinde dağıtılabilmeleri hem diğer bileşenler ile etkileşimlerinin kontrol edilmesi hem de oksidasyona karşı dirençli hale getirilebilmelerini sağlamıştır.

Bu çalışma kapsamında püskürtmeli kurutma yöntemi kullanılmıştır ve maltodekstrin- arap zımkı taşıyıcı ajanlar vasıtasıyla isot tohum yağı mikroenkapsüle edilmiştir. Karışımda maltodekstrin- arap zımkı oranı minimum 1:1, maksimum 9:1 olarak uygulanmıştır. Bu taşıyıcı maddelere kuru madde miktarı üzerinden minimum %20, maksimum %30 biber yağı ilave edilmiştir. Enkapsülasyon sıcaklığının

mikrokapsül üzerindeki etkisinin görülebilmesi için püskürtmeli kurutucu giriş sıcaklığı minimum 160 °C, maksimum 220 °C olarak belirlenmiştir. Mikroenkapsülasyon optimizasyonu için merkezi karma tasarım kullanılmış ve her bağımsız değişken 3 farklı düzeyde çalışılmıştır. Optimizasyon çalışmasının değerlendirilmesi için ölçülen bağımlı değişkenler; mikroenkapsülasyon etkinliği ve verim olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda en yüksek verim ve etkinlik değerleri 184 °C, maltodekstrin / arap zıncı oranı: 5/1 ve % 20'lik yağ oranı koşullarında oluşmuş ve söz konusu koşullar optimum üretim koşulları olarak belirlenmiştir.

Optimum koşullarda elde edilen kırmızıbiber tohum yağı kapsüllerinin fiziksel kalite özellikleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve parçacık boyut analizi kullanılarak belirlenmiştir. MBTY'nin boyutları 1 – 10 µm arasında değiştiği ve kapsül şekillerinin düzgün, yuvarlak, pürüzsüz ve büzülmemiş yapıda olduğu görülmüştür. FTIR sonuçları MBTY'nin başarılı bir şekilde kapsüllendiğini ve kapsüllerin içerisinde yağın hapsedildiğini göstermiştir.

Optimum koşullarda elde edilen biber tohum yağı mikrokapsüllerinin termal özellikleri, TGA, DTA ve DTG eğrilerine dayanarak analiz edildi. TGA eğrileri başlangıçta (100 ile 200°C arasında, yaklaşık %10 kütle kaybı) MBTY'nin AZ ve MD'den daha yüksek termogravimetrik stabiliteye sahip olduğunu göstermiş ve her ikisi de sıcaklık değişimleri boyunca daha fazla kütle kaybı göstermiştir. 550°C sıcaklıkta MBTY'nin, 600°C'den sonra da MD ve AZ'in karbon ürünlerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak MBTY'nin belirgin bir kütle kaybı olmadan 100 °C'yi geçtiği, hatta 200 °C'ye kadar termostabil olduğu görülmüştür ve gıda sterilizasyon işlemlerinde uygulanan sıcaklık değerleri düşünüldüğünde MBTY'nin ısı dayanımının makul seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Optimum koşullarda elde edilen mikrokapsüller +4 °C'de ve oda sıcaklığında (+25 °C) 30 gün süresince depolanmış ve 0., 7., 15. ve 30. günlerde Carr indeks (Akabilirlik), yüzey yağ (Mikroenkapsülasyon etkinliği), su aktivitesi, nem, peroksit ve renk analizleri yapılmıştır. Carr indeks değerleri +4 °C'de 43.09 ile 46.26 arasında, oda sıcaklığındaki örneklerin Carr indeks değerleri ise 43.49 ile 46.26 arasında

değiştirilmiştir. Depolama sırasında büyük farklılıklar oluşmadığı gözlemlenmiştir. Fakat sonuçların 40'dan yüksek çıkması MBTY'nin akabilirliğinin sınırlı olduğunu göstermiştir.

MBTY'lerin depolama sırasında mikroenkapsülasyon etkinliği +4 °C'de %80.76-%83.08 aralığında, oda sıcaklığında ise %78.03 ile %83.03 arasında değişmiştir. Sonuçlar oda sıcaklığındaki depolama sırasında gün geçtikçe mikroenkapsülasyon etkinliğinin azaldığını göstermektedir. Fakat +4 °C'de daha stabil kalarak % 81 dolayında olduğu görülmüştür.

Depolama süresince MÇBY'nin su aktivitesi artmıştır. Fakat 7. günden itibaren dengeye gelmiştir. Oda sıcaklığındaki depolamada su aktivitesinin +4 °C'de ki değerlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Depolama boyunca +4°C'de ki a_w 0.142-0.169 arasında, +25 °C'de ki a_w ise 0.142-0.160 arasında değiştiği görülmüştür. Sonuç olarak soğuk depolamada su aktivitesinin daha fazla arttığı fakat 7. günden itibaren daha stabil hal aldığı görülmüştür.

Mikrokapsüllemenin MBTY üzerindeki oksidasyonun zararlı etkilerine karşı koruyucu etkisini belirlemek için mikrokapsüle örneklerde ve isot tohum yağında peroksit tayini yapılmıştır. Numunelerin başlangıçtaki peroksit değeri 6.35 mEq O₂ / kg olarak ölçülmüştür. Fakat 60°C'de 4 günlük depolama sonunda yapılan ölçüm sonuçlarında BTY nin peroksit değeri MBTY'nin yaklaşık 3 katına çıktığını göstermiş, MBTY'nin ise stabil kaldığını göstermiştir. Bu da kapsülleme işleminin oksidasyona karşı ürünü güçlendirdiğini açıklamaktadır.

Elde edilen kırmızıbiber tohum yağının antimikrobiyal aktivitesine de bakılmıştır. BTY yapılan analiz sonucunda *S.aureus*'a karşı antimikrobiyal aktivite gösterirken, *E.faecalis*, *E.coli* ve *P.aeruginosa*'ya karşı antimikrobiyal aktivite göstermemiştir. MD'de *E.faecalis*, *E.coli* *P.aeruginosa* ve *S.aureus*'a karşı antimikrobiyal aktivite gösterememiş fakat arap zıncığı 4 mikroorganizmaya karşı aktivite göstermiştir. Elde edilen MBTY ise *E.faecalis*, *P.aeruginosa* ve *S.aureus*'a karşı antimikrobiyal etki göstermiştir. Sonuç olarak MBTY antimikrobiyal özellik

kazanmıştır ve bu özellik kaplama materyali olarak kullanılan arap zambından kaynaklanmaktadır.

Yapılan bu çalışma sonunda Şanlıurfa yöresinde son derece büyük önem arz eden isottan (kırmızıbiber) elde edilen tohum yağları mikroenkapsüle edilmiş ve bir takım analizlerden geçmiştir. Mikroenkapsülasyon işlemi sonunda kırmızıbiber tohum yağlarının oksidasyona karşı dayanımı artırılmış, bazı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite kazandırılmış, albenisi artırılmış mikron ölçeğinde küçük ürünler elde edilmiştir. Elde edilen ürünler ile Şanlıurfa yöresinde yeni istihdam alanlarının önünün açılacağı düşünülmekte olup, yöre insanını ekonomik ve sosyal yönden geliştireceği, ülke ekonomisinde katma değeri yüksek bu ürünle ekonomik faaliyetlerinin artacağı düşünülmektedir. Bundan sonraki aşamalarda daha farklı kaplama materyalleri ve farklı mikroenkapsülasyon yöntemleri ile daha dayanıklı mikroenkapsüle kırmızıbiber tohum yağı elde edilebilir ve katma değeri yükseltılarak ülke ekonomisine kazandırılabilir.

KAYNAKLAR

- AGHBASHLO, M., MOBILI, H., MADADLAU, A., and RAFIEE, S., 2013. Influence of Wall Material and Inlet Drying Air Temperature on the Microencapsulation of Fish Oil by Spray Drying. *Food and Bioprocess Technology*, 6 (6): 1561–1569.
- AĞAOĞLU, S., DOSTBİL, N. and ALEMDAR, S., 2007. Antimicrobial Activity of Some Spices Used in the Meat Industry. *BVI Pulawy* 51, 53–57.
- AHN, J.H., KIM, Y.P., LEE, Y.M., SEO, E.M., LEE, K.W. and KIM, H.S., 2008. Optimization of Microencapsulation of Seed Oil by Response Surface Methodology. *Food Chemistry*, 107: 98-105.
- ANDRADE, K.S., PONCELET, D., and FERREIRA, S.R.S., 2017. Sustainable Extraction and Encapsulation of Pink Pepper Oil. *Journal of Food Engineering*, 204: 38-45.
- ANKER, M.H. and REINECCIUS, G.A., 1988. Encapsulated Orange Oil: Influence of Spray-dryer Air Temperatures on Retention and Shelf Life, in *Flavor Encapsulation*. ACS Symposium Series 370, American Chemical Society: Washington, DC, 78-85.
- ATASOY, A., F., HAYOĞLU, İ., KORKMAZ, A., KARA, E., ve YILDIRIM, A., 2017. Geleneksel Ev İstot Baharatının Aflatoksin İçeriğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1): 35-40.
- BADEE, A.Z.M., AMAL, E., EL- KADER, A., and HANAN, M.A., 2012. Microencapsulation Of Peppermint Oil By Spray Drying. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6 (12): 499-504.
- BAE, E.K., and LEE, S.J., 2008. Microencapsulation of Avocado Oil by Spray Drying Using Whey Protein and Maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25 (8): 549–560.
- BAKKALİ, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., and IDAOMAR, M., 2008. Biological Effects of Essential Oils – Areview. *Food and Chemical Toxicology* 46: 446-475.
- BASTIOĞLU, A. Z., KOÇ, M., YALÇIN, B., ERTEKİN, F. K., and ÖTLEŞ, S., 2017. Storage Characteristics of Microencapsulated Extra Virgin Olive Oil Powder: Physical and Chemical Properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-17.
- BAŞYİĞİT, B., ve ÇAM, M., 2017. Püskürtmeli Kurutucu ile Nane (*Mentha piperita* ve *Mentha spicata*) Esansiyel Yağı Mikroenkapsülasyonu. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21 (1): 24-34.
- BEIRÃO-DA-COSTA, S., DUARTE, C., BOURBON, A.I., PINHEIRO, A.C., JANUÁRIO M.I.N., VÍCENTE A.A., BEIRÃO-DA-COSTA, M.L., and DELGADILLO, I. 2012. Effect of the Matrix System in the Delivery and in Vitro Bioactivity of Microencapsulated OREGANO Essential Oil. *Journal of Food Engineering*, 110: 190–199.
- BERİSTAIN, C.I., GARCÍA, H.S. and VERNON-CARTER, E.J., 2001. Spray-dried Encapsulation of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) Essential Oil with Mesquite (*Prosopis juliflora*) Gum. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, 34: 398-401.

- BURT, S., 2004. Essential oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods—a Review. *International Journal of Food Microbiology*, 94 (3): 223-253.
- CALAFATO NR., and PICO G., 2004. Griseofulvin and Ketoconazole Solubilization by Bile Salts Studied Using Fluorescence Spectroscopy. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 47: 198-204.
- CARNEIRO, H. C. F., TONON, R. V., GROSSO, C. R. F., and HUBINGER, M. D. 2013. Encapsulation Efficiency and Oxidative Stability of Flaxseed Oil Microencapsulated by Spray Drying Using Different Combinations of Wall Materials. *Journal of Food Engineering*, 115 (4): 443–451.
- CARR, R.L., 1965. Evaluating flow Properties of Solids. *Chem. Eng*, 72 (3): 163–168.
- ÇEVİK, K., 2017. Palm Yağı Ve Fraksiyonlarının Püskürtmeli Kurutucu İle Mikroenkapsülasyonu. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 77s.
- DAVIES, P., 2004. Oral Solid Dosage Forms. *Pharmaceutical Preformulation and Formulation*, (Ed: M Gibson), Interpharm/CRC, Boca Raton, 379-458.
- DANILOVAS, P., RUTKAITE, R., and ZEMAITAITIS, A., 2014. Thermal Degradation and Stability of Cationic Starches and Their Complexes with Iodine. *Carbohydrate Polymers*, 112: 721-728.
- DESAI, K. G. H. and PARK, H. J. 2005. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. *Dry Technol*, 23: 1361–1394.
- Dİ GIORGIO, L., SALGADO, R., P., and MAURÍ N., A., 2019. Encapsulation of Fish Oil in Soybean Protein Particles by Emulsification and Spray Drying. *Food Hydrocolloids*, 87: 891 - 901.
- DRUSCH, S., and SCHWARZ, K., 2006. Microencapsulation Properties of Two Different Types of n-octenylsuccinate-derivatised Starch. *European Food Research and Technology*, 222 (1-2): 155-164.
- DOMIAN, E., and WAŞAK, I., 2008. Microencapsulation of Rapeseed Oil Based on the Spray Drying Method. *Food Engineering*, 58 (4): 477–483.
- DUANGMAL, K., SAICHEUA, B., and SUEEPRASAN, S. 2008. Colour Evaluation of Freeze-Dried Roselle Extract as a Natural Food Colorant in a Model System of a Drink. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (8): 1437-1445.
- EL-ADAWY T.A. and TAHA K.M., 2001. Characteristics and Composition of Watermelon, Pumpkin and Paprika Seed Oils and Flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1253-1259.
- ERDİNÇ, I.B., 2007. Micro/Nanoencapsulation of Proteins Within Alginate/Chitosan Matrix by Spray Drying. Msc Thesis, Queen's University, 81p.
- FADAVİ, G., MOHAMMADIFAR, M. A., ZARGARRAN, A., MORTAZAVIAN, A. M., and KOMEİLİ, R., 2014. Composition and Physicochemical Properties of Zedo Gum Exudates From *Amygdalus Scoparia*. *Carbohydrate Polymers*, 101: 1074-1080.
- FUCHS, M., TURCHİULI, C., BOHİN, M., CUVELIER, M.E., ORDONNAUD, C., PEYRAT-MAILLARD, M.N. and DUMOULIN, E., 2006. Encapsulation of Oil in Powder Using Spray Drying and Fluidised Bed Agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75: 27-35.

- GHARSALLAOUI, A., ROUDAUT, G., CHAMBIN, O., VOILLEY, A. and SAUREL, R., 2007. Application of Spray-drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An overview. *Food Res. Int.* 40: 1107–1121.
- GÖĞÜŞ, F., ÖZKAYA, M.T. ve ÖTLEŞ, S., 2009. *Zeytinyağı*. Eflatun Yayınevi, Ankara, 1.Basım.
- GREEN, B. K. and SCHEICHER, L. 1955. Pressure Sensitive Record Materials. U. Patent. NO. 2, 217, 507, Ncr C.
- GUERRERO L.C., PEREZ-FLORES V., BETANCUR-ANCONA D. and DAVILLA-ORTIZ G., 2002. Functional Properties of Flours and Protein Isolates from Phaseolus Lunatus and Canavalia Ensiformis Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 584-591.
- GUIMARAES, A.G., OLIVEIRA, M.A., ALVES, R.D.S., MENEZES, P.D.P, SERAFINI, M.R., ADRIANO ARAUJO, A.D.S., BEZERRA D.P., and JUNIOR L.J.Q., 2015. Encapsulation of Carvacrol, a Monoterpene Present in The Essential Oil of Oregano, With b-cyclodextrin, Improves the Pharmacological Response on Cancer Pain Experimental Protocols. *Chemico-Biological Interactions*, 227: 69–76.
- GÖKMEN, S., PALAMUTOĞLU, R., ve SARIÇOBAN, C., 2012. Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 7, No: 1, 2012 (36-50)*
- GÜNGÖR, Ö., 2013. Zeytinyağının Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Mikroenkapsülasyonunun d-optimal dizayn ile optimizasyonu. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 147s.
- GÜNGÖR, Ö., ZUNGUR, A., KOÇ, M., ve KAYMAK-ERTEKİN, F., 2013. Emülsiyonların Özellikleri ve Emülsifikasyon Kosullarının Aroma ve Yağların Mikroenkapsülasyonu Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda* 11(2): 116-124.
- JAFARI, S.M., HE, Y., and BHANDARI, B., 2007. Encapsulation of Nanoparticles of d-Limonene by Spray Drying: Role of Emulsifiers and Emulsifying Techniques. *Drying Technology*, 25(6): 1069-1079.
- JAFARI, S. M., ASSADPOOR E., HE, Y., and BHANDARI, B., 2008. Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils During Spray Drying. *Drying Technology*, 26 (7): 816-835.
- KANAKDANDE, D., BHOSALE, R., and SINGHAL, R.S., 2007. Stability of Cumin Oleoresin Microencapsulated in Different Combination of Gum Arabic, Maltodextrin and Modified Starch. *Carbohydrate Polymers*, 67: 536–541.
- KASIMOĞLU, Z., YILDIRIM, A., ALKAN, S., TOPUZ, A., ve ŞAHİN-NADEEM, H., 2016. Microencapsulation of Chestnut Seedcoat's Water Extract by Spray Drying. *Journal of ongoing Chemical Research*, 2 (2): 34-44.
- KAUSHİK, P., DOWLING, K., MCKNIGHT, S., BARROW, C.J., and ADHIKARI, B., 2016. Microencapsulation of Flaxseed Oil in Flaxseed Protein and Flaxseed Gum Complex Coacervates. *Food Research International*, 86: 1–8.
- KNEIFEL, W. and SEILER, A., 1993. Water-holding Properties of Milk Protein Productssa Review. *Food Structure*, 12: 297-308.
- KOÇ, M., ve SAKİN, M., 2010. Mikroenkapsülasyon ve Gıda Teknolojisinde Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 16, Sayı 1, 77-86.
- KORKMAZ, A., AYDOĞDU, M.H., MUTLU, N., ve ATASOY, A.F., 2016. Geleneksel ve Fabrikasyon Yöntemiyle Üretilen İsoot Baharatlarının Bazı

- Fizikokimyasal ve Renk Özelliklerinin Belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3): 204-213.
- LEI, M., JIANG, F.-C., CAI, J., HU, S., ZHOU, R., LIU, G., and XIONG, X.-G. 2018. Facile Microencapsulation of Olive Oil in Porous Starch Granules: Fabrication, Characterization, and Oxidative Stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111: 755–761.
- MADENE, A., JACQUOT, M., SCHER, J., and DESOBRY, S., 2006. Flavour encapsulation and controlled release – a review *International journal of food science & technology*, 41 (1): 1-21.
- MITIĆ, Z., NIKOLIĆ, G. S., ČAKIĆ, M., PREMOVIĆ, P., and ILI, L., 2009. FTIR Spectroscopic Characterisation of Cu(II) Coordination Compounds With Exopolysacchride Pullulan and Its Derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 924-926, 264-273.
- MOTHÉ, C. G., and RAO, M. A. 2000. Thermal behavior of gum arabic in comparison with cashew gum. *Thermochimica acta*, 357: 9-13.
- NEO, Y. P., RAY, S., JIN, J., GIZDAVIĆ-NIKOLAIDIĆ, M., NIEUWOUDT, M. K., LIU, D., and QUEK, S. Y. 2013. Encapsulation of Food Grade Antioxidant in Natural Biopolymer by Electrospinning Technique: A Physicochemical Study Based on Zein–Gallic Acid System. *Food chemistry*, 136 (2): 1013-1021.
- NYCHAS, G. J., E., 1995. Natural antimicrobials from plants. *New Methods of Food Preservation*, 58-89.
- OUSSALAH, M., CAILLET, S., SAUCIER., L., and LACROIX., M., 2007. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. Coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *staphylococcus aureus* and *listeria monocytogenes*. *Food Control*, 18 (5): 414-420
- ÖZCAN, T., ve ALTUN, B., 2013. Süt Ürünlerinde Probiyotik Bakterilerin Mikroenkapsülasyonu I: Enkapsülasyon Teknikleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (2): 93-104.
- ÖZDEMİR, N., 2013. Karabiber (*Piper nigrum* L.) Oleorezininin Dondurarak Kurutma Tekniği ile Mikroenkapsülasyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 54s.
- PAULETTI, M. S., and AMESTOY, P. J. F. S. 1999. Butter Microencapsulation as Affected by Composition of Wall Material and Fat. *Journal of Food Science*, 64 (2): 279-282.
- PEREIRA, L., M., CARMELLO-GUERREIRO, S., M., and HUBINGER, M., D., 2009. Microscopic Features, Mechanical and Thermal Properties of Osmotically Dehydrated Guavas. *LWT - Food Science and Technology* 42 (1): 378-384.
- RANJBAR-MOHAMMADI, M., HAJİR-BAHRAMI, S., and JOGHATAEI, M., 2013. Fabrication of Novel Nanofiber Scaffolds From Gum Tragacanth/poly(vinyl alcohol) for Wound Dressing Application: in Vitro Evaluation and Antibacterial Properties. *Materials Science and Engineering C*, 33: 4935-4943.

- REZAI, A., NASIRPOUR, A., and TAVANAI, H., 2016. Fractionation and Some Physicochemical Properties of Almond Gum (*Amygdalus communis* L.) Exudates. *Food Hydrocolloids*, 60: 461-469.
- QUEK, S. Y., CHOK, N. K., and SWEDLUND, P., 2007. The Physicochemical Properties Of Spray-Dried Watermelon Powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46 (5): 386-392.
- SİLVA, L.R., AZEVEDO, J., PEREIRA, M.J., VALENTÃO, P., and ANDRADE, P.B., 2013. Chemical Assessment and Antioxidant Capacity of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seeds. *Food Chem. Toxicol.*, 53: 240–248.
- SOUZA, E.L.D., LİMA, E.D.O., FREIRE, K.R.D.L., and SOUSA, C.P.D., 2005. Inhibitory Action of Some Essential Oils and Phytochemicals on the Growth of Various Moulds Isolated from Foods. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48: 245-250.
- TATAR, F., 2012. Balık (*engraulis encrasicolus* l.) Yağının Mikroenkapsülasyonunda Hemiselülozun Kaplayıcı Madde Olarak Kullanımı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 119s.
- TONON, R. V., GROSSO, C.R.F., and HUBİNGER, M.D., 2011. Influence of Emulsion Composition and Inlet Air Temperature on the Microencapsulation of Flaxseed Oil by Spray Drying, *Food Research International*, 44(1): 282–289.
- TONTUL, İ., 2011. Keten Tohumu Yağının Püskürterek Kurutmaya Mikroenkapsülasyonu Üzerine Farklı Taşıyıcı Madde Ve Emülsiyon Uygulamalarının Etkilerinin Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 85s.
- TONTUL, İ., and TOPUZ, A., 2013. Mixture Design Approach in Wall Material Selection and Evaluation of Ultrasonic Emulsification in Flaxseed Oil Microencapsulation. *Drying Technology*, 31(12): 1362-1373.
- TONTUL, S.A., ve ERBAŞ, M., 2017. Biyoaktif Gıda Bileşenlerinin Püskürterek Dondurma Yöntemi ile Mikroenkapsülasyonu. *The Journal of Food*, 43 (1): 11-20.
- TORRES, J.M., GARCİA-CHAVES, A. and RAMİREZ-CHAVES, E., 1999. Antimicrobial Properties of Alkamides Present in Flavouring Plants Traditionally Used in Mesoamerica: Affinin and Capsaicin. *J Ethnopharmacol*, 64: 241–248.
- VAİDYA, S., BHOSALE, R., and SİNGHAL, R.S., 2006. Microencapsulation of Cinnamon Oleoresin by Spray Drying Using Different Wall Materials. *Drying Technology*, 24(8): 983-992.
- VARDİN, H., and YASAR, M., 2012. Optimisation of Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Juice Spray Drying as Affected by Temperature and Maltodextrin Content. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(1): 167-176.
- VENGAİAH, P., C., and PANDEY J., P., 2007. Dehydration Kinetics of Sweet Pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Engineering*, 81 (2): 282-286.
- YILMAZ E., 2011. Gıda Yan Ürünleri Teknolojisi. Onsekiz Mart Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ders Notları. Çanakkale.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Fatih ŞENGÜN
Uyruğu :T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi :Buharkent, 30.12.1990
Telefon :0541 373 3299
Fax :
e-mail :fatihsegun@gmail.com
:fatih.segun@tarimorman.gov.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İl, İlçe	Bitirme Yılı
Lise	:Nazilli Anadolu Lisesi, Aydın	2009
Üniversite	:Akdeniz Üniversitesi, Antalya	2013
Yüksek Lisans	:Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2020

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016- ...	Tarım ve Orman Bakanlığı	Gıda Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce