

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENKAPSÜLE EDİLMİŞ NAR ÇEKİRDEĞİ YAĞININ KALİTE
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

Esra ABACI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2019**

Prof. Dr. Hasan VARDİN danışmanlığında, Esra ABACI'nın hazırladığı **“Enkapsüle Edilmiş Nar Çekirdeği Yağının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi”** konulu bu çalışma 13/06/2019 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 : Prof. Dr. Hasan VARDİN

Üye : Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN

Üye : Doç. Dr. A. Çoşkun DALGIÇ

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

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 19042

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 DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Nar (<i>Punica granatum</i> L.).....	4
2.2. Nar Çekirdeği ve Yağı	9
2.3. Mikroenkapsülasyon.....	12
2.3.1. Kaplama materyalleri.....	16
2.3.2. Püskürtmeli kurutma yöntemi	20
2.3.3. Yağların mikroenkapsülasyonu	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM	27
3.1. Yöntem.....	27
3.1.1. Nar çekirdeği.....	27
3.1.2. Kimyasallar	27
3.1.3. Alet ve ekipmanlar	27
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Ön işlemler.....	28
3.2.2. Yağ ekstraksiyonu	28
3.2.3. Emülsiyonların hazırlanması	28
3.2.4. Emülsiyonların püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu	30
3.2.5. Analiz yöntemleri	30
3.2.5.1. Nar çekirdeği yağında pH ve kırılma indisi.....	30
3.2.5.2. Renk analizi	30
3.2.5.3. Nar çekirdeği yağında serbest yağ asitliği.....	31
3.2.5.4. Nar çekirdeği yağı iyot sayısı	31
3.2.5.5. Nar çekirdeği yağında sabunlaşma sayısı	32
3.2.5.6. Nar çekirdeği yağı peroksit tayini.....	32
3.2.5.7. Nar çekirdeği yağı toplam fenolik madde miktarı	33
3.2.5.8. Nar çekirdeği yağında ABTS ile antioksidan kapasite analizi.....	33
3.2.5.9. Kapsüllerde kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk	33
3.2.5.10. Kapsüllerde Hausner oranı ve Carr indeks	34
3.2.5.11. Kapsüllerden eksrakte edilebilir yağ miktarı	34
3.2.5.12. Püskürterek kurutma yönteminde enkapsülasyon etkinliği	35
3.3. İstatiksel analiz yöntemi.....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	37
4.1. Nar Çekirdeği Yağı Ekstraksiyonu ve Fiziko-kimyasal Özellikleri.....	37
4.2. Nar Çekirdeği Yağı Mikroenkapsülasyonu ve Analizleri.....	38
4.2.1. Deneme tasarımının oluşturulması	38
4.2.2. Mikrokapsüllerin fiziksel özellikleri.....	44
4.2.3. Kaplama maddesinin optimizasyonu	46
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	46
5.1. Sonuçlar	48
5.2. Öneriler	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	59

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENKAPSÜLE EDİLMİŞ NAR ÇEKİRDEĞİ YAĞININ KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Esra ABACI

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan VARDİN

Yıl: 2019, Sayfa: 58

Bu çalışmada nar bitkisinin (*Punica granatum* L.) çekirdeklerinden soğuk pres yöntemiyle ekstrakte edilen nar çekirdeği yağının özelliklerinin belirlenmesi ve kaplama materyali kullanılarak püskürterek kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyonunun gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ekstrakte edilen nar çekirdeği yağının bazı fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Buna göre kırılma indisi 1.519, peroksit sayısı 3.9 meq oksijen/kg, asit sayısı 1.71 mg KOH/g, iyot sayısı 75.12, sabunlaşma sayısı 203.65 mg KOH/g, toplam fenolik madde miktarı 85.29 mg GAE/kg, antioksidan aktivite 59.69 mg TEAC/kg olarak bulunmuştur. Nar çekirdeği yağının mikroenkapsülasyonunda kaplama materyali olarak maltodekstrin, gam arabik ve peyniraltısuyu proteini tek başlarına ve kombinasyonlanarak kullanılmıştır. Simple Lattice metodu ile oluşturulan deneme desenine göre nar çekirdeği yağının kaplama materyaline oranı 1:3 olarak sabit tutulmuş ve hazırlanan emülsiyonlar püskürtmeli kurutucuya (sıcaklık: 180°C, besleme hızı: 6.6 mL/dk) beslenerek mikrokapsüller elde edilmiştir. Sistemin optimizasyonu için verim, etkinlik ve carr indeks sonuçları cevap olarak kullanılmıştır. Kullanılan kaplama materyali ve kombinasyonlarının mikroenkapsülasyon veriminde, etkinliğinde ve carr indeks üzerinde istatistiksel olarak öneme sahip olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Elde edilen sonuçlara göre gam arabığın %52.73 ve peyniraltı suyu proteininin %47.27 oranında kullandığı nokta, optimum nokta ve kabul edilebilirlik derecesi ise 0.9 olarak belirlenmiştir. Mikrokapsüllerde gerçekleştirilen analizlerde, kullanılan kaplama materyallerinin renk değerleri (L^* , a^* , b^*) ve su aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak öneme sahip olduğu ($p<0.05$) ancak nem değerleri üzerinde bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Nar çekirdeği yağı, mikroenkapsülasyon, püskürtmeli kurutucu, kaplama materyali

ABSTRACT

MSc Thesis

Quality Determination of Encapsulated Pomegranate Seed Oil

Esra ABACI

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Hasan VARDİN
Year: 2019, Page: 58**

In this study, it was aimed to determine the properties of pomegranate seed oil extracted from the cores of pomegranate plant (*Punica granatum L.*) by using cold press method and to realize microencapsulation via spray drying method by using coating materials. Some physicochemical properties of extracted pomegranate seed oil were determined. Accordingly, refractive index 1.519, peroxide number 3.9 meq oxygen / kg, acid number 1.71 mg KOH / g, iodine number 75.12, saponification number 203.65 mg KOH /g, total phenolic content 85.29 mg GAE / kg, antioxidant activity 59.69 mg TEAC / kg. In microencapsulation of pomegranate seed oil, maltodextrin, gum arabic and whey protein as a coating material were used singly and in combinations.. According to the test pattern created with the Simple Lattice method, the ratio of pomegranate oil to coating material was kept constant at 1: 3 and prepared emulsions were fed to spray dryer (temperature: 180°C, feed rate: 6.6 mL / min) and microcapsules were obtained. Yield, entrapment and carr index results were used in response to optimization of the system. It was determined that the coating materials and their combinations used were statistically significant in microencapsulation yield, entrapment and carr index ($p < 0.05$). According to the results, 52.73% of the gum arabic and 47.27% of the whey protein can be used as the optimum point and the acceptable level is 0.9. In analyzes carried out on the microcapsules, it was determined that the coating materials combinations were statistically significant on the color values (L^* , a^* , b^*) and water activity ($p < 0.05$) but not on the moisture levels.

KEY WORDS: Pomegranate seed oil, microencapsulation, spray dryer, coating material

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, ilgi ve desteğini hissettiğim ve beni daima motive eden tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Hasan VARDİN'e,

Tüm çalışmalarında başından sonuna kadar yılmadan, sabırla, özveriyle yer alan, bilgi ve tecrübelerini asla esirgemeyen, değerli ve yardımsever hocam Arş. Gör. Bülent BAŞYİĞİT'e,

Yüksek lisans eğitimim başlangıcında tanıştığım, her konuda yardımlarını esirgemeyen sevgili hocam Arş. Gör. Selin ALİHANOĞLU'na

Çalışma süresince analizlerin yürütülmesinde sağlamış olduğu katkı ve desteklerinden ötürü değerli hocam Öğr. Gör. Ümran CANSU'ya

Laboratuvar çalışmalarında yardım ve desteklerinden dolayı sevgili arkadaşlarım, Gıda Mühendisleri Şifanur KANDEMİR'e, Sümeyra GÜMÜŞ'e, Sara BULUT'a, Gülbahar AKYAR'a, Demet EKTİREN'e ve Fatih ŞENGÜN'e

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hissettiğim, her daim yanımda olan canım annem Aynur ABACI'ya, canım babam Mustafa ABACI'ya, canım kardeşim Kübra ABACI'ya, ilgi ve desteğinden ötürü sevgili arkadaşım Nurettin Can KAT'a

Tez çalışmama mali yönden destek olan (Proje No: 19042) Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (HÜBAK)'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Nar bitkisi.....	4
Şekil 2.2. 9, 11, 13-oktadeka-trienoik asit (punisik asit)	11
Şekil 2.3. Farklı tiplerde mikrokapsüller (i: basit, ii: matris, iii: irregular, iv: çok çekirdekli, v: çok duvarlı, vi: bir araya gelmiş mikrokapsüller)	12
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan nar çekirdeği yağının filtrasyonu	28
Şekil 3.2. Nar çekirdeği yağı enkapsülasyonu akış şeması	29
Şekil 3.3. Püskürtmeli kurutucu	30
Şekil 4.1. a) Verim, b) Etkinlik, c) Carr indeks model grafikleri (A: Maltodekstrin, B: Gam arabik, C: Peynir altı suyu proteini).....	44
Şekil 4.2. Optimum nokta kontür grafiği	47



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Nar çekirdeği yağ analizleri	10
Çizelge 2.2. Mikroenkapsülasyon tekniklerinin işlem basamakları	15
Çizelge 2.3. Püskürtmeli kurutucunun avantaj ve dezavantajları.....	21
Çizelge 2.4. Püskürterek kurutma yöntemiyle yapılan mikroenkapsülasyon çalışmaları	21
Çizelge 3.1. Deneme deseni	29
Çizelge 3.2. Carr indeks ve Hausner oranına göre akışkanlık ilişkisi (Başyigit, 2017).....	34
Çizelge 4.1. Nar çekirdeği yağının fiziksel özellikleri	37
Çizelge 4.2. Nar çekirdeği yağının kıyasal özellikleri.....	38
Çizelge 4.3. Simple Lattice kullanılarak oluşturulan deneme deseni ve sonuçlar.....	40
Çizelge 4.4. Verim için kuadratik model varyans analizi.....	41
Çizelge 4.5. Carr İndeks için özel kübik model varyans analizi	41
Çizelge 4.6. Etkinlik için özel kübik model varyans analizi.....	41
Çizelge 4.7. Mikrokapsüllerin renk değerleri ^{1,2}	45
Çizelge 4.8. Mikrokapsüllerin nem ve su aktivitesi değerleri ^{1,2}	46

SİMGELER DİZİNİ

°C	Derece
µm	Mikrometre
AA	Antioksidan aktivite
dk	Dakika
g	Gram
GA	Gam arabik
GAE	Gallik asit eşdeğeri
kg	Kilogram
KM	Kaplama materyali
MD	Maltodekstrin
mg	Miligram
mL	Mililitre
MUFA	Tekli doymamış yağ asidi
N	Normalite
NÇY	Nar çekirdeği yağı
nm	Nanometre
PAS	Peynir altı suyu
PASP	Peynir altı suyu proteini
PUFA	Çoklu doymamış yağ asidi
SÇKM	Suda çözünür kuru madde
TEAC	Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite
TFMM	Toplam fenolik madde miktarı
TGK	Türk Gıda Kodeksi

1. GİRİŞ

Nar (*Punica granatum* L.), *Lythraceae* familyasının *Punica* cinsine ait çok yıllık bir bitkidir ve yüzyıllardır sağlığın, bereketin, ölümsüzlüğün ve maneviyatın simgesi olmuştur. Nar en eski meyve türlerinden biri olup tarihçesinin başladığı yer Orta Asya ve İran olarak bilinmektedir. Orta Asya ve Orta Doğu'daki eski tüccarlar narı “cennet meyvesi” olarak adlandırmışlardır (Ashton ve ark., 2006). Nar, meyve olarak tüketildiği gibi meyve suyu ve konsantresi, reçel, nar ekşisi, şarap ve konserve gibi işlenebilmekte ve gıdalarda renk maddesi ve tatlandırıcı olarak da kullanılabilen endüstriyel bir bitkidir (Mansour ve ark., 2013). Ülkemizde özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yetiştirilmekte olup çeşit ve form zenginliğiyle ön plana çıkmaktadır (Vardin, 2000).

Besin bileşiminden ötürü önemli fayda sağlayan narın yenebilir kısmı meyvenin %52'sini oluştururken tanelerin %78'i meyve eti ve %22'si çekirdek kısmıdır (Kulkarni ve Aradyha, 2005; Okumuş ve ark., 2016). Gıda sanayisinde narın en yaygın kullanım şekli nar suyu olarak üretilmesidir. Nar suyu ve konsantresi üretimi sonucu çıkan posanın önemli bir bölümü nar çekirdeğidir. Nar çekirdeklerinin çeşitli faktörlere de bağlı olarak ortalama %20.80 yağ içerdiği belirlenmiştir. Endüstriyel alanlarda (gıda, ilaç, kozmetik vb.) yeni yağ kaynaklarına olan ilginin arttığı bu dönemde nar çekirdeği yağı değerlendirilebilir bulunmaktadır (Onur, 1990). Nar çekirdeği yağıyla ilgili yapılan birçok araştırmada sağlık açısından olumlu sonuçları olduğu ortaya konmuştur. Bunun sonucu olarak nar çekirdeği yağı içeren ürünlerin talep ve tüketiminin artacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte, yenilebilir yağların çoğu oksijene, ışığa, neme ve sıcaklığa maruz kaldıklarında kimyasal olarak kararsız ve oksidatif bozulmaya karşı hassastır. Bu oksidatif bozulmanın, kalite kaybı ve istenmeyen tatların gelişimiyle sonuçlanması, raf stabilitesini ve yağın duyu özelliklerini etkilemektedir (Calvo ve ark., 2010; Goula ve Adamopoulos, 2012).

Mikroenkapsülasyon, küçük kapsüller oluşturmak için parçacıkların veya damlacıkların bir kaplama duvarı ile çevrili olduğu veya homojen ya da heterojen bir matris içine hapsedildiği bir yöntemdir (Gharsallaoui ve ark., 2007; Calvo ve ark., 2011). Gıda işleme alanında, mikroenkapsülasyon teknikleri, gıda bileşenlerini (aroma, uçucu yağlar, lipidler, renk maddeleri vb.) bozunmaya uğramaya, kayıplara veya diğer bileşenlerle etkileşime karşı korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Buradaki koruyucu mekanizma, kapsüllenmiş malzemenin (çekirdek) etrafında bir zar (duvar sistemi) oluşturmaktır. Mikroenkapsülasyon sadece gıda üretimi ve depolanması sırasında kayıplara ve kimyasal değişimlere karşı korumakla kalmaz, aynı zamanda kontrollü salınım uygulamalarını ve yeni özelliklere sahip toz gıda bileşenlerinin üretilmesini de sağlar (Goula ve Adamopoulos, 2012).

Literatürde birçok mikroenkapsülasyon yöntemi bulunmaktadır. Mikroenkapsülasyon yönteminin seçiminde, çekirdek ve duvar materyalinin fizikokimyasal özellikleri, hedeflenen partikül boyutu, maliyet vb. özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde yeni teknolojilerin ve modifiye kaplama materyallerinin kullanılmasıyla fonksiyonelliği yüksek mikrokapsül gıdalar elde edilmektedir. Mikroenkapsülasyon tekniklerinin başında püskürterek kurutma yöntemi gelmektedir (Desai ve Park, 2005). Bu tekniğin bazı dezavantajları olsa da (uçucu bileşiklerin kaybı, hassas bileşiklerin bozunması vb.) kolay ulaşılabilir olması ve düşük maliyetlerinden dolayı en çok tercih edilenlerden biridir (Goula ve Adamopoulos, 2012). Yağların püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsülasyonu için duvar malzemeleri emülsifiye edici özelliklere, yüksek çözünürlüğe, düşük viskoziteye, film oluşturma ve kurutma özelliklerine sahip olmalıdır. Kaplama materyali olarak genellikle proteinler ve hidrokolloidler kullanılmaktadır Yağların püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsülasyonunda önemli basamaklardan biri emülsiyonun hazırlanmasıdır. Emülsiyon stabilitesi ve kompozisyonu mikroenkapsülasyonun verimi, oksidatif stabilite ve kapsüllerin fiziksel özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır (Bae and Lee, 2008).

Raf ömrü uzun, oksidasyon içeriği düşük mikroenkapsüle nar çekirdeği yağının pazara sunulmasının ülke ekonomisine katkıda bulunacağı düşünölmektedir. Bu çalışmada,

- Nar çekirdeği yağının fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi
- Kaplama materyallerinin oranlarının ve kombinasyonlarının mikroenkapsölasyon verimi ve etkinliği üzerine etkilerinin araştırılması ve optimum noktanın tespiti
- Hazırlanan emölsüyonların homojenizasyon sonrası pöskürtmeli kurutucu ile enkapsölasyonu ve son ürün kalite parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Nar (*Punica granatum L.*)

Nar (*Punica granatum L.*) (Şekil 2.1.) çalı formunda, boyları 2 ila 5 m. arasında değişen çok yıllık bir bitkidir. Tadları tatlı, ekşi ve mayhoş olabilirken, meyveleri etli tohumlardan (tanelerden) oluşan, beyazdan koyu kırmızıya kadar farklı tonlarda renkleri vardır (Kurt ve Şahin, 2013).



Şekil 2.1. Nar bitkisi

Nar dünyanın çeşitli insan kültürleriyle ilişkili en eski meyvelerden biridir. İncil'de, Kuran'da, Budist ve Çin sanatlarında nardan söz edilmektedir. Eski kültürlerde bereketin, doğurganlığın, gücün ve sağlığın sembolü olan nar Kuran'da cennet meyvesi olarak geçmektedir. Arkeo-botanik örneklerden, literatürden, dini ikonografiden vs. elde edilen kanıtlara dayanarak, narın yaklaşık 5000 yıl önce kültüre sokulduğu tahmin edilmektedir (Chandra ve ark., 2010).

Narın dar bir genetik tabana sahip olduğu bildirilmiş olmasına rağmen, dünyanın farklı bölgelerinde bulunan dev koleksiyonları, germplazm arasında yüksek genetik çeşitliliğe sahip olduğunu göstermektedir. Nar ailesi, *P. granatum* ve *P. protopunica* türleri ile tek bir *Punica* cinsine sahiptir. Mevcut bilimsel isimi *Punica*

granatum, Pomum (elma) *granatus* (taneli) veya tohumlu elma adından ve C. Von Linne tarafından türetilmiştir. (Chandra ve ark., 2010).

Çeşitli raporlara göre, yabani nar İran ve Türkmenistan'dan kuzey Hindistan'a kadar Kafkasya ve Orta Asya'da yetişmektedir. Dünya nar üretiminde ilk üç sırada Hindistan, İran ve Çin gelmektedir. Son yıllarda İran'da yaşanan kuraklıktan dolayı nar üretimi azalmış ve böylece Türkiye dünya nar üretimin sıralamasında yaklaşık %5'lik payla üçüncü sırayı almıştır (Oğuz ve ark., 2011). Bununla birlikte ABD, Irak, İspanya, Suriye, Azerbaycan, Afganistan, Mısır, Özbekistan, Pakistan, Tunus, Fas ve Cezayir de dünyadaki en büyük ana nar üreticilerindendir. Ayrıca nar, Doğu Asya'da bir süs ağacı olarak geliştirilmiştir (Chandra ve ark., 2010; Kurt ve Şahin, 2013).

Nar, Akdeniz iklimi ve maki bitki örtüsünün tanıtıcı elemanlarında biri olarak yüksek sıcaklık isteği olan kuraklığa dayanabilen bir bitkidir (Kurt ve Şahin, 2013). Nar ağacı, çok çeşitli iklim ve toprak koşullarına son derece adapte olabildiğinden farklı tropik ve subtropikal bölgelerde yetişebilir. Ancak, asıl ekimi kuzey yarımküreyle sınırlıdır. Narın 41 ° Kuzey ve 42 ° Güney enlemleri arasında kalan alanda dünya çapında ekildiği bildirilmiştir. Narın ticari bahçeleri ise Akdeniz havzasında, Asya'da, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Buna rağmen, Güney Amerika, Güney Afrika ve Avustralya'daki güney yarımkürede de geleneksel olarak yeni meyve bahçeleri yetiştirilmektedir (Chandra ve ark., 2010).

Türkiye nar üretiminde dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir. Nar, Akdeniz ikliminin karakteristik bitkisi olduğundan en çok Akdeniz Bölgesi olmak üzere Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde ve kıyıda 1000 metre yükseltiye kadar olan alanlarda yetiştirilmektedir. Türkiye'de nar bitkisinin yetiştirilmesi çok eskilere dayanmakla birlikte 2000'li yıllardan bu yana önemi gitgide artmaktadır. Türkiye'nin güney kıyı illeri başta olmak üzere en çok Antalya, Muğla, Mersin, Adana'da ve toplam 48 ilde nar bitkisi ziraatı ve üretimi yapılmaktadır. Güneydoğu Anadolu

Bölgemizde ise en çok Şanlıurfa, Gaziantep, Adıyaman ve Siirt illeri üretimin yoğun olduğu bölgelerdir (Tamer, 2006; Kurt ve Şahin, 2013).

Nar ekonomik olarak önemli bir bitkidir ve medeniyetin başlangıcından bu yana insanlık tarafından kullanılmaktadır. Son yıllarda nar üretiminin artırılması sonucu tüketim şekillerinde de bir çeşitlilik görülmektedir. Narın meyve suyu, konsantre, likör, şarap, jöle, reçel, sirke, gıdalarda renklendirici ve tatlandırıcılar olarak kullanımı yaygındır. En önemli kullanım alanlarından birisi de ülkemizle özdeşleşmiş olan ve nar suyunun koyulaştırılmasıyla elde edilen, yüksek aromaya sahip nar ekşisidir (Kurt ve Tamer, 2006; Şahin, 2013). Hindistan’da “anardana” olarak adlandırılan ve nar tanelerinin kurutulmasıyla hazırlanan ürün ülkeye özgü yiyeceklerde asitlendirici olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Pruthi, 1984; Vardin 2000). Ayrıca nar tanesi konservesi, kurusu ve dondurulmuş nar taneleri uygun şekillerde ambalajlanarak uzun süre muhafaza edilebilmekte ve ihraç edilebilmektedir (Saxena ve ark., 1987; Onur 1990). Torosların güneyindeki bazı köylerde “topalak” olarak adlandırılan besleyici çerez, yumuşak buğdayın nar suyu ile kaynatılıp küçük topaklar halinde kurutulmasıyla elde edildiği bildirilmiştir (Onur, 1988). Narın gıda olarak kullanım alanlarının yanında ilaç, kimya ve kozmetik sanayisinde, hayvan yemi, pektin, mürekkep, boya, sitrik asit ve kolonya üretiminde bir endüstri bitkisi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca narın yan ürünlerinden olan kabuk kısmı dericilikte, tekstilde ve dokumada, kullanılacak yünlere renk vermek için, uzun yıllardır boya maddesi olarak kullanılmaktadır (Kurt ve Şahin, 2013). Nar suyu üretiminin sonucu artık olarak ortaya çıkan diğer yan ürün ise nar çekirdeğidir. Nar çekirdeğinin yağ miktarı ortalama %20.8 olarak bildirilmiştir. Ayrıca yağ ayrıldıktan sonra ortaya çıkan posa sütün verimini arttıran hayvan yemi veya katkısı olarak kullanılabilir (Onur, 1990).

Nar meyvesinin yenilebilir kısmı (tane) toplam meyve ağırlığının yaklaşık % 55-60’ı kadar olduğu ve yaklaşık % 75-85 meyve suyundan ve % 15-25 tohumdan oluştuğu bildirilmiştir (Al-Maiman ve Ahmed, 2002). Yapılan çalışmalar kabuk, meyve suyu ve tohum gibi nar meyvesinin farklı kısımlarından elde edilen ekstraktların yüksek antioksidan aktivitesi içerdiğini göstermiştir. Nar suyunun

antioksidan kapasitesi diğer meyve suları ve içeceklerden daha yüksek bulunmuştur. Bu antioksidan aktivite, yüksek düzeyde fenolik bileşiklere bağlanmıştır (Tehrani et al., 2010). Al-Maiman ve Ahmad (2002), narın olgunlaşması sırasında fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişiklikleri analiz etmişlerdir. Özgen et al. (2008), Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde yetişen nar çeşitlerinin kimyasal ve antioksidan özelliklerini değerlendirmiştir. Nar meyvesinin bileşiminin büyük ölçüde çeşidine, yetiştirildiği bölgeye, iklimine, olgunluğuna ve kültürel uygulamasına bağlı olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, çeşitli raporlar narın organik asit, fenolik bileşik, şeker ve suda çözünür vitaminlerinin bileşiminde yıllar içinde önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir.

El-Nemr et al. (1990), nar meyvesinin fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada meyve suyunda %85.4 nem, %10.6 toplam şeker, %1.4 pektin, 0.1 g/100ml asitlik (sitrik asit olarak), 0.7 mg/100ml askorbik asit, 19.6 mg/100ml serbest amino azotu ve 0.05 g/100ml kül saptamışlardır. Çekirdekleri ise sırasıyla % 27.2, % 13.2, % 35.3 ve % 2.0'ı temsil eden zengin bir lipid, protein, ham lif ve kül kaynağı olduğunu ve ayrıca % 6.0 pektin ve % 4.7 toplam şeker içerdiğinin bildirmişlerdir.

Dumlu ve Gürkan (2007), Türkiye'den yirmi farklı çeşit narın (*Punica granatum*) C vitamini seviyesini, lipid içeriğini, sterol tayinini, antosiyanin içeriğini ve elemental analizini (Ca, Mg, P, Fe, Na ve K çalışmaları) gerçekleştirmişlerdir. C vitamini içeriği 1.050–312 mg / 100 g, yağ içeriği % 2.41–3.73, sterol içeriği % 5.78–8.43, antosiyanin içeriği 2.100–4.400 mg / L, potasyum miktarı 250-200 ppm olarak tespit edilmiştir. Nar çeşitlerinde 35–326 ppm kalsiyum, 176-427 ppm magnezyum, 21-46 ppm demir, 35-76 ppm sodyum ve 12-43 ppm fosfor gözlenmiştir.

Salgado et al. (2012), çilek, domates ve portakal suyu gibi diğer meyve sularının antioksidan içeriğinin bu meyve sularına % 0.5 kadar kurutulmuş nar kabuğu özütlerinin eklenmesiyle arttırılabileceğini göstermiştir.

Turgut ve Seydim (2013), Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen bazı nar çeşitlerinde yapmış oldukları analizlerde nar suyundaki hakim organik asitlerin sitrik asit, malik asit, okzalik asit ve tartarik asit olduğunu bildirmişlerdir. Toplam şeker içeriğini ise 13.90-16.18 g/100 ml arasında ve sırasıyla fruktoz, glukoz, sakkaroz, maltoz olarak tespit etmişlerdir.

Fernandes ve ark. (2017), dokuz nar çeşidinde yaptıkları fizikokimyasal kompozisyon ve antioksidan kapasitesi araştırmaları sonucu Katirbaşı çeşidinin diğer çeşitlerden ayırt edici özellikler sunduğunu, meyve suyunun ölçülen en yüksek antioksidan, flavonoid, hidrolize edilebilir tanen ve C vitamini değerlerini gösterdiğini bildirmişlerdir. Dokuz nar çeşidinin suyunda, ellagik asit, siyanidin-3-glukozit ve pelargonidin-3-O-glukozit gibi farklı bileşikler tespit etmişlerdir.

Nar, yıllardır halk hekimliğinde kullanılan ve günümüzde de terapötik kullanımına ilişkin çalışmalarının sürdürüldüğü bir bitkidir (Yılmaz ve Usta, 2010). Geleneksel olarak doğum kontrolünde, yılan ısırığında, diyabette ve cüzzam tedavisinde kullanılmıştır (Lansky ve ark., 2010). İshal ve kanamayı durdurmak için tanenlerin (kabuk, yapraklar, olgunlaşmamış meyvelerin) ekstraktları kullanılmıştır. Kurutulmuş, ezilmiş çiçek tomurcukları bronşit için bir çay şeklinde tüketilmiştir. Meksika'da, çiçek özleri ağız ve boğaz iltihabını hafifletmek için bir gargara olarak kullanılmıştır (Morton, 1987).

Nar günümüzde AIDS'e karşı kullanılan yiyecekler grubuna alınmıştır. Ayrıca Japon patentli ilaçlarda kullanılan dokuz bitkiden biridir. Nar genel olarak vücut direncini arttırma da, kanseri önleme de, ishal, kabızlık, mide rahatsızlıkları, ateş, öksürük, kusma, tansiyon ve kalp damar rahatsızlıklarında etkili olmasından ötürü uzun yıllar boyunca halk hekimliğinde kullanılmıştır (Gündoğdu ve ark., 2015). Menopozal sendromlu kadınlarda depresyon ve kemik kaybının tedavisinde klinik olarak etkili olduğu bilinmektedir. Koroner kalp hastalıkları, kanser (cilt, meme, prostat ve kolon), inflamasyon, hiper-lipidemi, diyabet, kalp hastalıkları, hipoksi, yaşlanma, karaciğer hasarı ve beyin hastalıkları yıllar içinde nar kullanılarak tedavi edilmeye çalışılan potansiyel hastalık hedefleridir (Teixeira da Silva ve ark., 2013).

Nar meyvesi, yüksek fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri ile karakterize edilmektedir ayrıca antikanserojen, antiparasitik, antimikrobial ve antiviral özellikleri sebebiyle bu meyveye olan ilginin yıllar içerisinde daha çok arttacağını düşündürmektedir (Gündoğdu ve ark., 2015).

Guo ve ark. (2008), yapmış oldukları çalışmada sağlıklı ve yaşlı deneklere günde 250 ml (4 hafta boyunca) doğal nar suyu verildiğinde plazmanın antioksidan seviyesinin 1.33 mmol'en 1.46 mmol'e yükseldiğini, elma suyu verildiğinde ise anlamlı bir sonuca ulaşılmadığını bildirmişlerdir.

Lansky ve ark. (2005), eşit miktarlarda oluşturdukları nar bileşenlerinin DU-145 prostat kanserli hücrelerin %99 oranında makrikse yayılmasının baskılandığını saptamışlardır.

2.2. Nar Çekirdeği ve Yağı

Çekirdekler nar endüstrisinin bir yan ürünüdür ancak son raporlar sağlığa yararlı özellikleri olan bir tohum yağı kaynağı olarak kullanımını vurgulamaktadır. Nar çekirdeklerinin yağ oranının çeşitliliğe, coğrafi bölgeye, yetiştirme koşullarına, olgunluk aşamasına vb. bağlı olarak % 6.63-19.3 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu oran, yağ üretiminde kullanılan soyada % 18-22 arasında ve çiğitte ise % 18-25 olmasından ötürü değerlendirilebilir bulunmaktadır (Gölükcü ve ark., 2008).

Nar taneleri antioksidan özelliklere sahiptir ve esas olarak lif ve lipitlerden oluşmaktadır (Fernandes ve ark., 2017). Gölükcü ve ark. (2008), Türkiye'de yetiştirilen 15 nar çeşidinin çekirdeklerinde yaptıkları bazı fizikokimyasal araştırmalarında narlardaki çekirdek oranlarını %8.11-15.11 ve bin dane ağırlıklarını ise 19.36-36.81 g aralığında bulmuşlardır. Çekirdeklerin nar çeşidine göre yağ oranlarının %13.95-24.13, protein oranlarının %12.35-21.28, kül oranlarının %1.50-3.96, toplam fenolik madde oranlarının 1535-3701 mg/kg arasında değiştiğini ve %0.308-1.399 oranında potasyum, %0.252-0.650 oranında fosfor, %0.143-0.281 oranında kalsiyum, %0.107-0.276 oranında magnezyum, 602-1390 mg/kg aralığında

sodyum, 26.69-81.12 mg/kg aralığında demir, 15.23-40.26 mg/kg aralığında çinko, 24.03-38.53 mg/kg aralığında bakır ve 6.18-13.12 mg/kg aralığında mangan içerdiğini saptamışlardır.

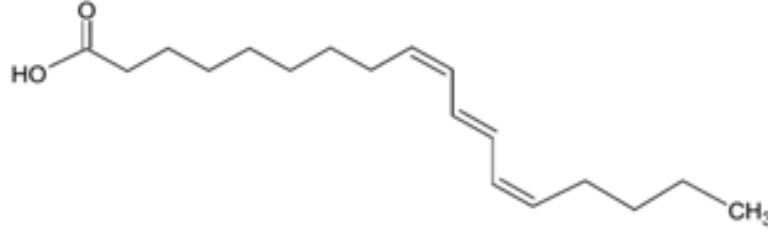
Yemeklik yağ olarak kullanıldığına dair literatürde bir bilgiye ulaşılamamakla birlikte özellikle son yıllarda ilaç ve kozmetik sanayisinde kullanılmak amacıyla ülkemizden diğer ülkelere ihraç edildiği bilinmektedir (Vardin ve Abbasoğlu, 2004).

El-Nemr ve ark. (1990), nar çekirdeği yağında yapmış oldukları yağ analizi sonuçlarını pamuk çekirdeği yağı analiz sonuçlarıyla (Abou El-Maati, 1985) karşılaştırmışlardır (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Nar çekirdeği yağ analizleri

Analizler	Değerler	
	Nar çekirdeği yağı	Pamuk yağı
Kırılma indisi (20 °C'de)	1.518	1.473
Erime noktası °C	13.0	18.0
İyot sayısı	74.2	103.2
Asit sayısı	1.1	1.2
Sabunlaşmayan madde %	0.7	0.95
Sabunlaşma sayısı	188.9	198.8
Esterleşme derecesi	187.8	197.6
Gliserol içeriği %	10.3	10.8

Son zamanlarda popüler olan Omega-5, 18:3 n-5 yapısına sahip bir yağ asididir ve bu grubun öncü yağ asidi ise punisik asit olarak bilinmektedir (Şekil 2.2). Punisik asidin en önemli bitkisel kaynağı olan nar çekirdeği yağı %65-80 oranında bu yağ asidini içermektedir. Hatta narın Latince adına (*Punica granatum*) atıfda bulunularak ‘Pomega-5’ de denilmektedir. Nar çekirdeği yağı yaklaşık %80 oranında 18 Carbon’lu 3 çifte bağlı trienoik asitlerden oluşmaktadır ve bu yağ asitlerinin dieonik yağ asitlerine oranla daha güçlü ve yüksek fizyolojik etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Orhan, 2016). Nar çekirdeği yağında temel olarak bulunan bu asitlerin düşük dozlarda bile antikarsinojen özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Yılmaz ve Usta, 2010).



Şekil 2.2. 9, 11, 13-oktadeka-trienoik asit (punisik asit)

Gölükcü ve ark. (2005), Hicaz nar çeşidinin çekirdek yağında yapmış oldukları analizler sonucu %78.83 punisik, %6.83 oleik, %5.81 linoleik, %4.62 palmitik, %2.77 stearik ve %1.14 araşidik olmak üzere toplamda 6 yağ asidinden oluştuğunu tespit etmişlerdir.

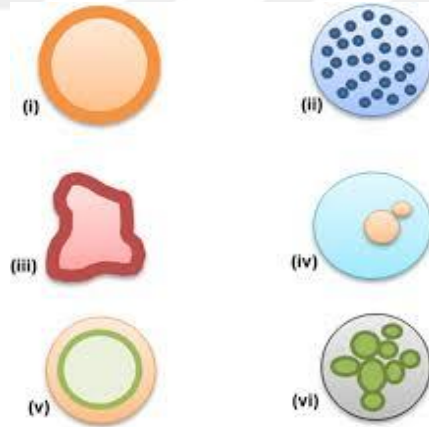
Fernandes ve ark. (2017), İspanya’da yetişen 9 nar çeşidinde yaptıkları çalışmalar sonucu, nar çekirdeği yağlarının toplam tokoferol içeriğinin 135-525 mg/100g aralığında olduğunu ve çeşitler arasında farklı oranlarda baskın olarak γ -tocopherol içerdiklerini bildirmişlerdir. Yağdaki steroller ile ilgili olarak, 364-553 mg/100g aralığında değiştiğini ve baskın olarak β -sitosterol içerdiğini saptamışlardır.

Çeşitli çalışmalar nar çekirdeği yağının iyi bir doymamış yağ asitleri (özellikle linoleik ve punik asit) ve tokoferol kaynağı olduğunu göstermiştir (Jing ve ark., 2012). Bu özelliklerden dolayı, nar çekirdeği yağının ekstraksiyonu insan sağlığına fayda sağlayan, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser riskini azaltan (Kohno ve ark., 2004), menopoz semptomlarını hafifleten (Lansky ve Newman, 2007), bağışıklığı güçlendiren (Yamasaki ve ark., 2006), genetik bozuklukları önleyen (Guo ve ark., 2007) potansiyel bir besin ve antioksidan kaynağı olarak teşvik edilmelidir.

Diyetlerine punisik asit eklenen sıçanların daha zayıf oldukları, tip II diyabetli sıçanlarda ise açlık kan şekerinin düşmüş olduğu, obezite ve insülin direncinin önlendiği hatta bunun vücudun enerji harcamasından ve alınan besinlerden bağımsız olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (Banihani ve ark., 2013; Orhan, 2016).

2.3. Mikroenkapsülasyon

Enkapsülasyon aktif bir maddenin (çekirdek materyali) başka bir madde veya karışım (kaplama materyali) içinde hapsedilme işlemi olarak tanımlanabilir. Enkapsüle edilmiş madde çekirdek, iç faz, dolgu maddesi, iç faz olarak adlandırılırken enkapsüle eden madde ise kaplama ve duvar materyali, dış faz, kabuk, kapsül veya matris olarak adlandırılmaktadır (Nedovic ve ark., 2011). Mikroenkapsülasyon ise mikrometreyle milimetre aralığındaki büyüklüğe sahip mikrokapsüllerin eldesinde kullanılan bir teknolojidir (Koç ve ark., 2010). Kaplanan materyal genellikle sıvı olmasının yanı sıra katı veya gaz da olabilmektedir. Mikroenkapsüllerin görünüşleri çekirdeğin fizikokimyasal özelliklerine, kaplama materyalinin özelliklerine ve kullanılan enkapsülasyon tekniğine göre değişmektedir. Şekil 2.3.' de farklı mikrokapsüllerin görünüşleri verilmiştir (Bakry ve ark., 2016). Enkapsülasyona doğadan örnek vermek gerekirse yumurta, bitki tohumu, deniz kabuğu, bakteri sporları, deri vb. örnekler sıralanabilir (Gibbs ve ark., 1999).



Şekil 2.3. Farklı tiplerde mikrokapsüller (i: basit, ii: matris, iii: irregular, iv: çok çekirdekli, v: çok duvarlı, vi: bir araya gelmiş mikrokapsüller)

Mikroenkapsüle ürünler, 1950'li yıllarda basınca duyarlı olan karbonsuz kopya kağıdı üretimi üzerine yapılan araştırmalar sonucu başlamıştır (Green ve Scheicher, 1955). Enkapsülasyon teknolojisi günümüzde kozmetik, farmakoloji, kimya, boya ve gıda gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Gıda endüstrisine mikroenkapsülasyon

uygulamaları oldukça eskilere dayanmaktadır. Son yıllarda fonksiyonel gıdaların önemi ve talebi nedeniyle enkapsülasyon işlemleri gıda sektöründe daha çok önem kazanmıştır (Koç ve ark., 2010). Enkapsülasyon alanında yapılan araştırmalara bakıldığında İsrail dikkat çekmektedir. Mikroenkapsülasyon teknolojileri kullanımıyla gıda içerikleri üreten firmaların başına ise genel olarak ABD ve İngiltere gelmektedir (Gökmen ve ark., 2012).

Gıda maddeleri içinde genellikle katı-sıvı yağlar, vitamin ve mineraller, aroma bileşenleri, asitler, bazlar, renk maddeleri, koruyucular, antioksidanlar, istenmeyen maddeler, canlı hücreler ve enzimler enkapsüle edilmektedir (Gibbs ve ark., 1999; Madene ve ark., 2006; Nedovic ve ark., 2011). Kullanılan kaplama materyalleri ise genellikle karbonhidratlar (maltodekstrin, nişasta, pullulan, sakkaroz, maltoz), proteinler (peynir altı suyu proteinleri, jelatin, kazein ve kazeinatlar) ve gamlardır (gam arabik) (Koç ve ark., 2010).

Mikroenkapsülasyon uygulamalarının gıdalarda kullanım amaçlarını şöyle sıralayabiliriz;

- maddenin fiziksel ve dış etkenlerden korunması (sıcaklık, nem, oksijen, ışık, pH gibi)
- işlem ve depolama sırasında stabilitenin korunması
- istenilen özelliklerin kazandırılması (partikül büyüklüğü ve yapısı, renk, çözünürlük vb.)
- mikroenkapsüle ürünlerin taşınması ve depolanmasında ki kolaylık
- doğru yer ve zamanda kontrollü salınımı sağlama
- istenmeyen tat ve kokuların maskelenmesi (Desai ve Park, 2005).

Enkapsülasyon sadece biyoyararlanımı değil işlevselliği de arttırmaktadır. Aktif bileşenlerin enkapsüle edilmesinin en önemli nedenlerinden biri son üründe ve işlem sırasında stabilizeyi sağlamaktır. Örneğin probiyotikler, midedeki pH, mekanik stres, taşıma koşulları ve sindirim enzimlerinin varyasyonuna karşı oldukça hassastır. Bu canlı hücrelerin işlem sırasında, depolanmadan ve tüketilmeden önce hayatta kalmaları gerekir. Yapılan bir çalışmada *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 suşu

gum acaria ile kaplanarak ve mikroorganizmaların toz formlarının kurumaya karşı dirençlerinin depolama esnasında (15 °C’de ve 30 °C’de) 1000 katı kadar arttırılabildiği gösterilmiştir.

Uyan-Ersus (2004), yaptığı bir çalışmada kara havuç antosiyanin ekstraktının mikroenkapsülasyonunu çalışmış ve elde edilen toz ürünün stabilitesinin ve renk değerlerinin (L, a, b) arttığını bildirmiştir. Ayrıca toz ürünün yoğurda ve reçele katılmasıyla renk oluşumu başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Koç ve ark. (2008), yapmış oldukları bir çalışmada balık yağını TGaz enzimiyle mikroenkapsüle etmişlerdir. Işık, nem ve oksijenden korunan balık yağının istenmeyen balık tadı ve kokusu önlenmiş ve yağ asitlerinin oksidasyonunun önüne geçilmiştir. TGaz enzimiyle mikroenkapsüle edilmiş balık yağının ABD ve Japonya’da patentleri alınmıştır.

Enkapsülasyon sürecinin tasarlanmasında aşağıdaki sorular göz önünde bulundurulmalıdır (Desai ve Park., 2005):

1. Enkapsüle bileşenler son ürüne ne gibi bir fonksiyonellik sağlamalıdır?
2. Ne tür bir kaplama malzemesi seçilmelidir?
3. Enkapsüle bileşen içeriğini serbest bırakmadan önce hangi işlem koşullarına dayanmalıdır?
4. Mikrokapsül içindeki aktif maddenin optimal konsantrasyonu nedir?
5. Bileşen hangi mekanizmalarla mikrokapsüllerden salınır?
6. Enkapsüle bileşen için partikül büyüklüğü, yoğunluk ve stabilite gereksinimleri nelerdir?
7. Enkapsüle bileşenin maliyet kısıtlamaları nelerdir?

Bu analizler yapıldıktan sonra kaplama materyalinin ve enkapsülasyon yönteminin seçimi yapılır. Yasal düzenlemeler de dikkate alınarak enkapsüle ürün tasarımı tamamlanmış olur (Zuidam ve Shimoni, 2010). Gıda bileşiklerinin kapsüllemesi için literatürde birçok fiziksel ve kimyasal teknik vardır. Enkapsüle edici bileşikler genellikle sıvı halde olduğundan, birçok teknoloji kurumaya dayanır.

Aktif ajanları kapsüllemek için püskürtmeli kurutma, hava süspansiyon kaplama, akışkan yatak kaplama, püskürterek soğutma, püskürterek dondurma, ekstrüzyon-emülsiyon, koazervasyon, faz ayrımı yöntemi, lipozom dağıtma, kokristalizasyon gibi farklı teknikler mevcuttur. Püskürterek kurutma yöntemi gıda sanayindeki en eski ve en yaygın kullanılan mikroenkapsülasyon tekniklerinden biridir (Nedovic ve ark., 2011; Gökmen ve ark., 2012). Mikroenkapsülasyon tekniğinin seçiminde, çekirdek ve kaplama materyalinin fizikokimyasal özellikleri, enkapsüle gıdanın kullanım yeri ve partikül büyüklüğü büyük önem taşımaktadır. Çizelge 2.2. 'de bazı mikroenkapsülasyon yöntemlerinin işlem basamakları verilmiştir (Desai ve Park, 2005; Koç ve ark., 2010).

Çizelge 2.2. Mikroenkapsülasyon tekniklerinin işlem basamakları

Mikroenkapsülasyon Tekniği	
Püskürtmeli kurutma	
a)	Dispersiyon hazırlama
b)	Dispersiyonun homojenizasyonu
c)	Beslenen dispersiyonun atomizasyonu
d)	Atomize parçacıkların kurutulması
Püskürtmeli dondurma	
a)	Dispersiyon hazırlama
b)	Dispersiyonun homojenizasyonu
c)	Beslenen dispersiyonun atomizasyonu
Akışkan yatakta kaplama	
a)	Kaplama sıvısının hazırlanması
b)	Kaplanacak olan maddenin akışkanlaştırılması
c)	Kaplanacak olan maddenin kaplanması
Ekstrüzyon	
a)	Eritilmiş kaplama sıvısının hazırlanması
b)	Erimiş polimerlere kaplanacak maddenin dispersiyonu
c)	Kaplama maddesi-kaplanacak madde dispersiyonunun soğutulması veya dehidrate edici sıvı içerisinde geçirilmesi
Dondurarak kurutma	
a)	Kaplanacak madde karışımının kaplama sıvısı içerisine karıştırılması
b)	Karışımın dondurularak kurutulması
Koaservasyon	
a)	Birbirine karışmayan üçlü kimyasal sıvı fazının oluşturulması
b)	Kaplanmış materyalin dinlendirilmesi
c)	Kaplanmış materyalin katılaştırılması
Kokristalizasyon	
a)	Süper doymun sakkaroz sıvısının hazırlanması
b)	Kaplama materyalinin süper doymun sıvıya eklenmesi
c)	Sıvının, sakkarozun kristalizasyon sıcaklığına ulaşmasıyla gerekli ısının emilimi

Mikroenkapsüle edilmiş gıda bileşenlerinin açığa çıkmasında pH değişimi, mekanik kuvvet, enzimatik aktivite, sıcaklık, ozmotik kuvvet ve zaman gibi tetikleyici faktörler kullanılmaktadır. Gıda sanayisinde gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işlemlerinde maliyet, kozmetik veya farmakoloji sanayisine göre daha büyük önem teşkil etmektedir (Desai ve Park, 2005).

2.3.1. Kaplama materyalleri

Temel olarak film oluşturan malzemeler olan kaplama materyalleri, çekirdek materyaline ve nihai mikrokapsüllerde istenen özelliklere bağlı olarak çok çeşitli doğal veya sentetik polimerlerden seçilmektedir (Desai ve Park., 2005). Kaplama materyalinin seçiminde arzu edilen kapsül boyutu, şekli, geçirgenliği ve stabilite özellikleri göz önüne alınmalıdır. Tekli, düzensiz, çok çekirdekli, çok duvarlı ve matriks olmak üzere çeşitli şekillerde mikrokapsüller elde edilmektedir (Gökmen ve ark., 2012).

Kaplama materyalinin seçimi enkapsülasyon işleminde önemli bir noktadır ve son ürünün fonksiyonel niteliklerine doğrudan etki etmektedir. Aşağıda sıralanan maddeler ideal bir kaplama materyalinde olması gereken özellikleridir:

1. Yüksek konsantrasyonda dahi reolojik özellikleri iyi olmalı ve enkapsülasyon sırasında kolay işlenebilmelidir.
2. Dispersiyon ve emülsiyon özelliklerini taşımalı ve emülsiyon stabilitesi iyi olmalıdır.
3. Enkapsülasyon esnasında veya depolama sırasında çekirdek materyali ile arasında reaksiyon olmamalı ve özelliklerini koruyabilmelidir.
4. Çekirdek materyalini çevre şartlarından (ışık, hava, nem, sıcaklık vb.) maksimum seviyede koruyabilmelidir.
5. İstenilen çözücüde (su, etanol vb.) çözünebilmeli ve çekirdek materyalinin kontrollü salınımına izin verebilmelidir.
6. Ucuz olmalı ve gıdalarda kullanılabilir olmalıdır.

Belirtilen özelliklerin tek başına bir kaplama materyalinde olması çok zordur. Bu nedenle farklı özelliklere sahip bir veya birkaç kaplama materyalinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca mekaniksel ve fiziksel özellikleri daha iyi modifiye kaplama materyalleri (modifiye nişasta vb.) de vardır (Desai ve Park, 2005). Mikroenkapsülasyon işlemlerinde genellikle çeşitli karbonhidratlar, modifiye polisakkaritler, proteinler, sentetik polimerler ve gamlar kullanılmaktadır. Gıda sanayisinde genellikle maliyetinin düşük olmasından dolayı karbonhidratlar özellikle de maltodekstrinler tercih edilmektedir (Gökmen ve ark., 2012).

Karbonhidratlar kaplama materyali olarak genellikle püskürmeli kurutucu tekniğinde kullanılmaktadır. Nişasta, maltodekstrin, mısır şurubu ve akasya gamı gibi karbonhidratların aroma bağlama kabiliyeti, çeşitliliği, düşük maliyeti ve gıdalarda yaygın kullanımı gibi faydalarından ötürü enkapsülasyonda tercih edilen seçeneklerdendir (Dziezak, 1988; Mutka ve Nelson, 1988). Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda bile düşük viskoziteye sahiptirler ve çözünürlükleri iyidir. Nişasta ve nişasta türevleri (modifiye nişastalar, maltodekstrinler, b-siklodekstrinler), uçucu bileşikleri yakalayıp hapsediği için gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Oksidasyondan etkilenen ve uçucu bileşiklere sahip aktif materyallerin enkapsülasyonunda bu özelliklerinden dolayı tercih edilirler (Desai ve Park., 2005).

Maltodekstrin ise mısır nişastasının asit veya enzim kullanılarak kısmi hidrolizasyonu sonucu elde edilen, enkapsülasyonda sıklıkla kullanılan bir kaplama materyalidir. Dekstroz eşdeğer ağırlığı 20 veya 20'den küçüktür (Madene ve ark., 2006). Nişastanın yüksek sıcaklıkta (100°C'de) ve 4.0-5.0 pH aralığında alfa-amilazlara parçalanması sonucu mısır şurubu ve maltodekstrin elde edilmektedir (Kaçar ve Şahan, 2004). Her ikisi de çeşitli uzunluklarda glikoz polimerleri içermektedir. 10 DE (dekstroz eşdeğeri) moleküler ağırlığı yaklaşık 1800 daltondur. Viskoziteleri düşüktür, yüzey aktif bileşiklerdir ve lipofilik grupları yoktur. Bu nedenle emülsiyonlaşma özellikleri zayıftır. Avantajları ise tatsız olmaları ve yüksek katı konsantrasyonlarında kullanım olanağıdır (Gibss ve ark., 1999). Ancak emülsiyon kapasitesi düşük olduğundan genellikle yardımcı kaplama materyali

olarak tercih edilmektedir (Koç ve ark., 2010). Mısır şurubu katılarının, maltodekstrinin ve modifiye nişastanın harmanlanarak kullanımı enkapsülasyon için optimum kaplama materyalini oluşturabilir ve püskürterek kurutma, ekstrüzyon gibi yöntemlerde suda çözünür mikrokapsüllerin eldesi sağlanabilmektedir (Gibss ve ark.,1999). Püskürtmeli kurutucuyla gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işlemlerinde maltodekstrinin kabin duvarına yapışma sorununu engellediği bildirilmiştir. Düşük değerlikli maltodekstrinin kurutma işleminde verimi arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca düşük değerlikli maltodekstrinlerin son ürünün fiziksel özelliklerini geliştirdiği bildirilmiştir (Erbay, 2013). Sheu ve Rosenberg (1998), peynir altı suyu proteinleri ve maltodekstrini karıştırarak kaplama materyali olarak kullanmışlardır ve yüzeysel girintilerin en aza indirildiğini belirtmişlerdir. Maltodekstrin veya mısır şurubunun kullanımı yüzeysel kırılmaları sınırlandırarak duvar materyalinin fonksiyonelliğini arttırmakta ve depolama sırasında kayıp ve bozulmaları önlemektedir (Aloğlu ve Öner, 2010).

Gamlar tatsız veya çok az tatlı olsalar dahi gıdalarda tat ve aromaya etki etmektedirler. Fakat yüksek emülsüfikasyon özelliklerinden dolayı özellikle yağların veya yağ içerikli gıdaların enkapsülasyonunda çoğunlukla tercih edilmektedirler (Gharsallaoui ve ark.,2007). Ayrıca yağlarda geniş bir pH aralığında stabil bir emülsiyon oluşturmaktadır (Kenyon, 1995). Kaplama materyali olarak akasya gamı olarak da bilinen gam arabik kullanımı viskozite, çözünürlük ve emülsiyonlaştırma özellikleri nedeniyle yaygındır. Başlıca dezavantajı ise maliyetinin yüksek olmasıdır (Gibss ve ark., 1999). Gam arabik L-ramnoz, D-glukronik asit, L-arabinoz ve D-galaktoz ile yaklaşık %2 protein içermektedir. Emülsifiye edici özelliği ise yapısındaki proteinlerle ilgilidir (Dickinson, 2003). Bir çalışmada kimyon oleoresinin püskürtmeli kurutucuyla mikroenkapsülasyonunda gam arabığın iyi bir kaplama materyali olduğu bildirilmiştir (Kanakdande ve ark., 2007). Başka bir çalışmada da kakule oleoresinin mikroenkapsülasyonu gerçekleştirilmiş, gam arabığın modifiye nişasta ve maltodekstrine göre daha iyi sonuçlar sergilediği belirtilmiştir (Krishnan ve ark., 2005).

Maliyetinin yüksek olması sebebiyle gıda endüstrisinde gam arabığe alternatif olacak başka kaplama materyalleri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bunlardan biri de Mesquite gam olmuştur. Beristain ve Vernon-Carter (1994), gam arabik (%60) ve Mesquite gam (%40) karışımının kullanıldığı işlemde portakal kabuğu yağının %93.5 oranında enkapsüle edildiğini göstermişlerdir.

Gıda hidrolloidlerinin yanında peynir altı suyu proteinleri, sodyum kazeinat, jelatin, polipepton veya soya protein izolatları vb. proteinlerin de enkapsülasyon uygulamalarında kullanımı yaygındır. Kimyasal gruplarındaki çeşitlilik, viskozite, çözünürlük, emülsiyon ve film oluşturma gibi özellikleri sebebiyle tercih edilmektedirler (Madene ve ark., 2006). Bununla birlikte, soğuk sudaki çözünürlükleri, karbonillerle reaksiyona girme potansiyelleri ve yüksek maliyetleri potansiyel uygulamalarını sınırlamaktadır (Gibss ve ark., 1999).

Jelatin yüksek emülsiyon özelliğine sahip, suda çözünür ve yenilebilir olması sebebiyle özellikle püskürterek kurutma tekniğinde iyi bir kaplama materyalidir (Koç ve ark., 2010). Peynir altı suyu proteinleri ise iyi jelleşme, film oluşturma ve emülsifikasyon özelliklerine sahip biyodeğerliliği yüksek, vitamin, mineral, laktoz ve iz miktarda süt yağı içermektedir. Peynir üretiminde önemli bir yan ürün olarak çıkmaktadır (Kara, 2017). Özellikle ısı ile jelleşme ve emülsiyon özelliğinin birlikte kullanılması ile kullanım alanları gelişmiştir. Özellikle de enkapsülasyonda istenilen fonsiyonel özellikleri ortaya koymaktadır. Fizikokimyasal nitelikleri gıda uygulamalarında mikrokapsüllerin oluşturulmasında ve mikroenkapsüllerden maddelerin kontrollü salınımında avantajlar sağlamaktadır (Aloğlu ve Öner, 2010). Peynir altı suyu proteinin kaplama materyali olarak enkapsülasyonda kullanılması 1990'lara dayanmaktadır (Moreau ve Rosenberg, 1993; Young ve ark., 1993). Süt yağının enkapsüle edildiği bir çalışmada peynir altı suyu proteinin kaplama materyali olarak tercih edilmiş ve yaklaşık %90 enkapsülasyon verimi gerçekleştirilmiştir (Young ve ark., 1993).

Kaplama materyali seçerken birden fazla malzeme, karbonhidrat, protein ve gam karışımı kullanmak verimi arttırabilmektedir (Kara, 2017).

2.3.2. Püskürtmeli kurutma yöntemi

Püskürterek kurutma sıvı bir ürünün sıcak gaz akımına atomize edilerek toz ürün elde edildiği bir işlemdir. Genel olarak kullanılan gaz, hava ya da nadiren inert bir gaz (azot gibi) olabilmektedir. Püskürtmeli kurutucuya beslenen sıvılar çözelti, emülsiyon veya süspansiyondur. Püskürterek kurutma, besleme sıvısına ve çalışma koşullarına bağlı olarak ince bir toz (10–50 µm) veya büyük boyutlu parçacıklar (2–3 mm) üretmektedir. Püskürterek kurutma ile suyun uçurulması yaygın bir mühendislik uygulamasıdır. Su oranı ve su aktivitesini azaltarak gıda endüstrisinde ürünlerin mikrobiyolojik stabilitesini sağlamak, kimyasal ve/veya biyolojik bozulma risklerinden kaçınmak, depolama ve taşıma maliyetlerini kısmak ve spesifik bir ürün elde etmek için kullanılmaktadır (Gharsallaoui ve ark., 2007).

Bir İngiliz şirketi olan A. Boake, Roberts & Co, Ltd, 1932 yılında püskürtmeli kurutucu ile gum arabik tarafından en kapsüle edilen flavour tozu üretmişlerdir. Bu üretim sonrasında püskürterek kurutma yöntemi gıda endüstrisinde kullanılan en önemli uygulamalardan birisi olmuştur. Çoğunlukla bir kurutma işlemi olarak kabul edilse de püskürterek kurutma, özün polimerlerle koruyucu bir matriks oluşturmaları için kullanılan bir mikroenkapsülasyon yöntemidir (Barbosa-Canovas ve ark., 2005; Gökmen ve ark., 2012).

Püskürtmeli kurutma, mikroenkapsüle gıda maddeleri üretmek için kullanılan en yaygın ve en ekonomik tekniktir. Ekipman ve üretim maliyetleri diğer yöntemlerin çoğundan daha düşüktür. Dondurularak kurutmaya kıyasla püskürtmeli kurutma yönteminin maliyeti 30-50 kat daha ekonomiktir (Desobry ve ark., 1997).

Püskürtmeli kurutma işlemiyle mikrokapsülasyon üç temel adımı içermektedir (Dziezak, 1988); beslenecek dispersiyon veya emülsiyonun hazırlanması, homojenizasyonu ve kurutma çemberine atomize edilmesi. Çekirdek materyalinin püskürtmeli kurutucu ile mikroenkapsülasyonu, emülsiyonun kompozisyonundan ve özelliklerinden ve de kurutma koşullarından doğrudan etkilenmektedir (Gharsallaoui ve ark., 2007).

Püskürtmeli kurutucunun avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.3.'de (Madene ve ark., 2006), püskürterek kurutma yöntemiyle yapılan mikroenkapsülasyon çalışmaları ise Çizelge 2.4.'de verilmiştir (Gharsallaoui ve ark., 2007).

Çizelge 2.3. Püskürtmeli kurutucunun avantaj ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Düşük işleme maliyeti	Tek tipte mikrokapsüller üretilemez
Yüksek verim ve kalitede kapsüller	Limitli kaplama materyali seçimi (yüksek konsantrasyonlarda düşük viskozitede olmalı)
Kapsüllerin hızlı çözünürlüğü	Isıya duyarlı malzemelerin kullanımına uygun olmaması

Çizelge 2.4. Püskürterek kurutma yöntemiyle yapılan mikroenkapsülasyon çalışmaları

Çekirdek materyali	Kaplama materyali	Hava giriş sıcaklığı (°C)	Hava çıkış sıcaklığı (°C)	Enkapsülasyon amacı	Kaynak
Süt yağı	PAS proteinleri/laktoz	160	80	Oksidasyonu önlemek	Young ve ark., 1993
Likopen	Jelatin/sakkaroz	190	52	Depolama stabilitesini arttırmak	Shu ve ark., 2006
Linoleik asit	Çözünür soya polisakkaridi	200	100-110	Oksidasyonu önlemek	Fang ve ark., 2003
Siyah havuç antosiyanin pigmenti	Maltodekstrin	160	107	Depolama stabilitesini arttırmak	Ersus ve Yurdagel, 2007
Portakal yağı	Laktoz/kazeinat	180	80	Aromayı korumak	Edris ve Bergnstahl, 2001
Balık yağı	Mısır şurubu tozu/lesitin/ sodyum kazeinat	210	95	Oksidasyonu önlemek	Keogh ve ark., 2001
Limon yağı	β -siklodekstrin	160	60	Aromayı korumak	Baik ve ark., 2004
Ton balığı yağı	Kitozan/lesitin	180	-	Oksidasyonu önlemek	Jimenez ve ark., 2004
Karabiber oleoresini	Gam arabik/modifiye nişasta	176-180	105-115	Aromayı korumak	Shaikh ve ark., 2006
Nane yağı	Maltodekstrin/gam arabik	140	-	Aromayı korumak	Başıyigit ve Çam, 2017

2.3.3. Yağların mikroenkapsülasyonu

Doğal ve sağlıklı olmaları, tüketici talepleri ve çok boyutlu fonksiyonel özellikleri nedeniyle su ürünü kaynaklı, bitkisel ve esansiyel yağlar ve bileşenleri gıda, tarım, tekstil, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Su ürünü kaynaklı yağlar, çok miktarda sağlığa yararlı omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerini (ω -3 PUFA) içerdiklerinden çok talep görmektedir. Bitkisel yağlar ise tüketildiğinde hayvansal yağlara kıyasla birçok sağlık yararı sunmaktadır. Bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar, doğal uçucu bileşiklerin karışımlarıdır. Bitkilere karakteristik kokularını verirler ve yaygın bir biyoaktif içerik kaynağıdır. Bu yağların temel beslenmeye ek olarak gastronomik, organoleptik, antioksidan, anti-aritmik, antitrombotik, antimikrobiyal, antihipertansiyon, antiülser, yaşlanma karşıtı, antikanser, antidiyabetik, antidepresan, ve böcek kovucu gibi özellikleri de bulunmaktadır (Bakry ve ark., 2016).

Su ürünü kaynaklı, bitkisel ve uçucu yağlar son zamanlarda popüler olup bilimsel bir ilgi kazanmışlardır. Bu yağların tam potansiyelini kullanmak için çeşitli girişimler yapılmış olsa da kimyasal olarak kararsızdırlar ve özellikle oksijene, ışıığa, neme ve sıcaklığa maruz bırakıldıklarında oksidatif bozulmaya ve uçucu bileşiklerin kaybedilmesine açıktırlar. Yağlarla zenginleştirilmiş bir ürünün kalitesi oksidatif bozulma, istenmeyen koku ve tatların oluşması ve serbest radikal oluşumu nedeniyle bozulabilir. Bu değişiklikler raf ömrü, duysal özellikler ve son ürünün genel olarak kabul edilebilirliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Yağ içeren doğal, sağlıklı ürünler geliştirmek, biyolojik ve işlevsel özelliklerini korumak, oksidasyonu önlemek, raf ömrünü uzatmak, yağda çözünen aromaları kullanıma kadar muhafaza etmek (kontrollü salınım), yağda çözünebilen acı maddelerin tatlarını maskeleyerek için mikroenkapsülasyon teknolojisi uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (Bakry ve ark., 2016). Hassas yağların mikrokapsüllerde fiziksel olarak hapsedilmesi nem, metal iyonları, oksijen ve ısı ile tetiklenen oksidasyonu önleyebilmektedir (Gharsallaoui ve ark., 2007; Calvo ve ark., 2011). Yağların mikrokapsülasyonu için sıklıkla kullanılan duvar materyalleri sentetik polimerler ve doğal biyomalzemelerdir

(genellikle karbonhidratlar ve proteinler). Püskürtterek kurutma ve koaservasyon ise yağların enkapsülasyonunda en sık kullanılan tekniklerdendir (Bakry ve ark., 2016).

Balık yağında bol miktarda bulunan omega-3 yağ asitleri kanser, kalp rahatsızlıkları, AIDS, beyin rahatsızlıkları ve daha birçok rahatsızlığa karşı etkili olup fetüsten yaşlılık dönemine kadar zengin yağlı balıkları veya balık yağını tüketmenin büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir (Mol, 2008). Balık yağlarının gıda ürünlerine dahil edilmesiyle ilgili başlıca engeller suda çözünmemesi, çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oksidatif bozulmaya duyarlılığı ve istenmeyen koku ve tadın gelişmesidir (Augustin ve ark., 2011). Sıvı gıda sistemlerinde balık yağının kullanılması, enkapsülasyon teknolojisi kullanarak geliştirilebilmektedir. Kompleks koaservasyon yöntemiyle, duvar malzemesi olarak kullanılan jelatin ve sodyum karboksimetilselüloz, balık yağındaki eikosapentanoik asit (EPA) ve dekasoheksanoik asiti (DHA) koruyabildiği bildirilmiştir (Patrick ve ark., 2013). Jelatin-sodyum heksametafosfat kompleks partikülleri içerisinde mikrokapsüllü ton balığı yağı, kapsüllenmemiş yağa göre daha fazla kararlılık gösterdiği belirlenmiştir (Wang ve ark., 2014). Arpa proteinine dayalı mikrokapsüller, balık yağı oksidasyona karşı güçlü bir yeteneğe sahiptir ve bunları sıvı / yarı sıvı gıda sistemlerinde kullanımı için uygun hale getirilmiştir (Wang ve ark., 2011). Augustin ve ark. (2001), ısıtılmış kazeinat, glikoz ve modifiye nişasta karışımı ile balık yağı, tribütrin ve resveratrol emülsiyonunun mikrokapsülasyonunu gerçekleştirerek kan ve karaciğerdeki biyoaktif maddelerin radyoaktivite düzeylerini dolayısıyla biyoyararlanımını arttırdığını göstermiştir.

Ayçiçek yağı uzun zincirli tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve PUFA bakımından zengindir. Ayçiçek yağı yağ asidi profilinde yaklaşık % 46 linoleik asit (ω -6) ve % 45 oleik asit (ω -9) bulunmaktadır. Ayçiçek yağı, yüksek miktarda tokoferol, karotenoid ve lesitin içermektedir (Eiben ve ark., 2010). Ayçiçeği yağının püskürtülerek kurutulduğu mikroenkapsülasyonunda, duvar materyali olarak maltodekstrin ve hidroksipropilmetilselüloz kullanılarak mikrokapsüller içinde ayçiçek yağının muhafaza edilmesiyle oksidatif kararlılığı artırılmıştır (Roccia ve ark., 2014). Ayçiçeği yağı, trehaloz ve peyniraltı suyu proteini izolatu veya sodyum

kazeinat kullanılarak püskürterek kurutma ile mikrokapsüller haline getirilmiştir. Trehaloz kullanılması sayesinde mikrokapsüllü yağın oksidatif stabilitesinin arttığı ve akışkanlığın geliştirildiği bildirilmiştir (Domian ve ark., 2014).

Zeytinyağı % 56-87 oranında MUFA, % 8-25 oranında doymuş yağ asitleri ve %8-22 oranında PUFA içermektedir. Aynı zamanda önemli vitaminler ve polifenoller de içerdiğinden diyetetik önem taşımaktadır. Buna ek olarak sindirim kolaylığı, antiülser ve yaşlanma karşıtı özellikler, stres ve kolesterolü düşürücü etkiler, akut koroner sendrom ve kanserlerin gelişme olasılığını düşürmek ve tip 1-2 diyabet için terapi potansiyelleri içermektedir (Bakry ve ark., 2016). Sodyum kazeinatın duvar malzemesi olarak kullanıldığı zeytinyağının mikrokapsülasyonunda yağ asidi profili değiştirilmeden raf ömrü uzatılmıştır (Calvo ve ark., 2011).

Kırmızı palm yağı E vitamininin en zengin kaynaklarından biridir (tokotriyoller % 70 ve tokoferoller % 30). Ayrıca % 80 ile % 90'ı α -karoten ve β -karoten olan karotenoidleri içermektedir. Eşdeğer miktarda doymuş ve doymamış yağ içeriği bakımından benzersizdir. Son zamanlarda kronik hastalıklara, kardiyovasküler hastalıklara, diyabet ve kansere karşı güçlü koruyucu etkilere sahip olduğu bulunmuştur (Bakry ve ark., 2016). Dian ve ark. (1996), kırmızı palm yağını (60:40 oranında olein ve stearin) duvar malzemesi olarak sodyum kazeinat ile mikrokapsülleyerek karakteristik özelliklerini geliştirmişlerdir.

Yağlı tohumlarından dolayı soya fasulyesi dünyadaki en önemli baklagil ürünüdür. Soya yağı yaklaşık % 53.2 linoleik asit ve % 7.8 linolenik asit içeren çoklu doymamış yağ olarak sınıflandırılır. Soya yağı, aynı zamanda E vitamininin önemli bir kaynağıdır. Potansiyel bir hipokolesterolemik ajan olarak da kullanılabilir (Bakry ve ark., 2016). Soya fasulyesi yağı, bakla proteinlerinin duvar malzemeleri olarak kullanıldığı enkapsülasyon sonucunda, soya protein izolatının mikrokapsülasyon özelliklerinin yağ tutma verimi, redispersiyon, çözünme davranışı ve püskürtülerek kurutulmuş tozların yüksek nemde depolama stabilitesi açısından kırmızı ve maş

fasulye protein izolatlarından önemli ölçüde daha iyi olduğu bulunmuştur (Liu ve ark., 2014) .

Esansiyel yağlar uçucu yağlardır ve aromatik bitkiler tarafından sekonder metabolitler olarak oluşurlar. Uçucu yağların bileşimleri oksidasyon, kimyasal etkileşimler veya buharlaşmanın bir sonucu olarak değişebilir. İşleme ve saklama esnasında bileşimin bozunmasını / kaybını sınırlamak ve bileşiğin istenilen zamanda ve yerde salınmasını kontrol etmek için mikroenkapsülasyondan yararlanılmaktadır (Bakry ve ark., 2016).

Nane yağı nispeten uçucu ve kararsız bileşenlerin bir karışımıdır. Gıda, parfümeri ve ilaç endüstrisinde popüler bir tatlandırıcı maddedir. Nane yağının en büyük bileşeni mentoldür. Eski çağlardan beri birçok sindirim sistemi probleminin tedavisinde ve mutfak uygulamalarında kullanılmıştır. Güçlü antimikrobiyal, antikanser ve antioksidan faaliyetleri sunmaktadır (Bakry ve ark., 2016). Dong ve ark. (2011), nane yağının yalnızca % 7'sinin soğuk suda 40 gün depolanma sırasında, jelatin ve gam arabiğin kaplama materyali olarak kullanıldığı, mikrokapsüllerden salındığını ve böylece mükemmel bir depolama istikrarı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Vanilya yağı, özellikle yeşil meyvesinden, vanilya bitkisinden ekstrakte edilmektedir. Parfüm, vücut yağı ve diğer sağlık veya güzellik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Vanilya yağının ana bileşiği vanilindir ve fenolik özelliği nedeniyle antioksidan, antikanserojenik ve antimutajenik ajan olarak kullanılır (Bakry ve ark., 2016). Koaservasyon yoluyla kitosan ve gam arabik kullanarak yapılan vanilya yağı mikrokapsülasyonunda, yüksek kalitede bir gıda katkı maddesi olarak kalıcılığının ve termostabilitesinin arttığı gözlenmiştir (Yang ve ark., 2014).

Nar (*Punica granatum* L.) çalışılan diğer meyvelerle karşılaştırıldığında en yüksek polifenol konsantrasyonunu içeren, bilinen en eski meyvelerden biridir. Nar çekirdeği yağı % 65 - 80 oranında konjuge yağ asitlerinden oluşmaktadır (Bakry ve ark., 2016). Goula ve Adamopoulos (2012), yapmış oldukları çalışmada nar

çekirdeği yağını püskürtmeli kurutucu ile yağsız süt tozu kullanılarak enkapsülasyonunu gerçekleştirmiş ve optimum koşullarda yaklaşık %95.6 kapsülleme verimine ulaşmışlardır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Nar çekirdeği

Nar çekirdekleri, Şanlıurfa 1. Organize Sanayi Bölgesinde meyve suyu üretimi yapan bir fabrikadan (Hicaz narı) fabrika atığı olarak temin edilmiştir.

3.1.2. Kimyasallar

Kullanılan kimyasallar maddeler ve reaktifler analitik saflıkta temin edilmiştir. Bunlar; Maltodekstrin (DE: 7, 6267 Alfasol), Gam arabik (171377 Alfasol), Peynir altı suyu proteini (24127 Alfasol), Trolox (238813 Aldrich), Gallik asit (G7384 Sigma), Folin & Ciocalteu reaktifi (109001 Merck), ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (A1888 Sigma), Sodyum klorür (106404 Merck), Sodyum tiyosülfat (106512 Merck), Etanol (34923 Sigma), Kloroform (102445 Sigma), Sodyum hidroksit (106498 Merck), Hidroklorik asit (H1758 Sigma).

3.1.3. Alet ve ekipmanlar

Spekrofotometre (UV-1700, Shimadzu, Kyoto, Japonya), Santrifüj cihazı (Nüve NF 615, Ankara, Türkiye), Etüv (Stuart Scientific, İngiltere), Su banyosu (Heat Tech 26 L, Almanya), Analitik terazi (Radwag AS 220.R2, Polonya), Vorteks (Velp Scientifica ZX3 Advanced Vortex Mixer, İtalya), Püskürtmeli kurutucu (Lab-Plant Spray Dryer SD-04, İngiltere), Su aktivitesi cihazı (HygroPalm AW1, rotronic ag, Almanya), Homojenizatör (Silverson L4R Armfield, Amerika), pH metre (Hach HQ40D Dijital iki kanallı multimetre, Türkiye), Termometre (ACHEN, Almanya), Soğuk pres cihazı (Karaerler, NF100, Türkiye) Refraktometre (Abbe, Japonya).

3.2. Yöntem

3.2.1. Ön işlemler

Nar çekirdekleri öncelikle ayıklanıp, yoğunluk farkı yöntemiyle temizlenmiştir. Daha sonra nar çekirdekleri güneşsiz hava sirkülasyonlu ortamda bir hafta süresince kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından nar çekirdekleri yağ ekstraksiyonu işlemine kadar polietilen ambalajlarda oda sıcaklığında depolanmıştır.

3.2.2. Yağ ekstraksiyonu

Yağ nar çekirdeklerinden, soğuk pres yöntemiyle (40 °C’de) elde edilerek kaba filtre kağıdı ile filtre edilmiştir (Şekil 3.1.). Elde edilen nar çekirdeği yağı karanlık ortamda, cam kavanozda +4 °C’de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan nar çekirdeği yağının filtrasyonu

3.2.3. Emülsüyonların hazırlanması

Nar çekirdeği yağı ve kaplama materyallerinden oluşacak emülsüyonların hazırlanabilmesi için en uygun kombinasyonları belirlemek amacıyla Simple Lattice kullanılmıştır. Nar çekirdeği yağı mikroenkapsülasyonunda kaplama materyali olarak

maltodekstrin, gam arabik, peynir altı suyu proteini ve bunların kombinasyonları kullanılmıştır (Çizelge 3.1.).

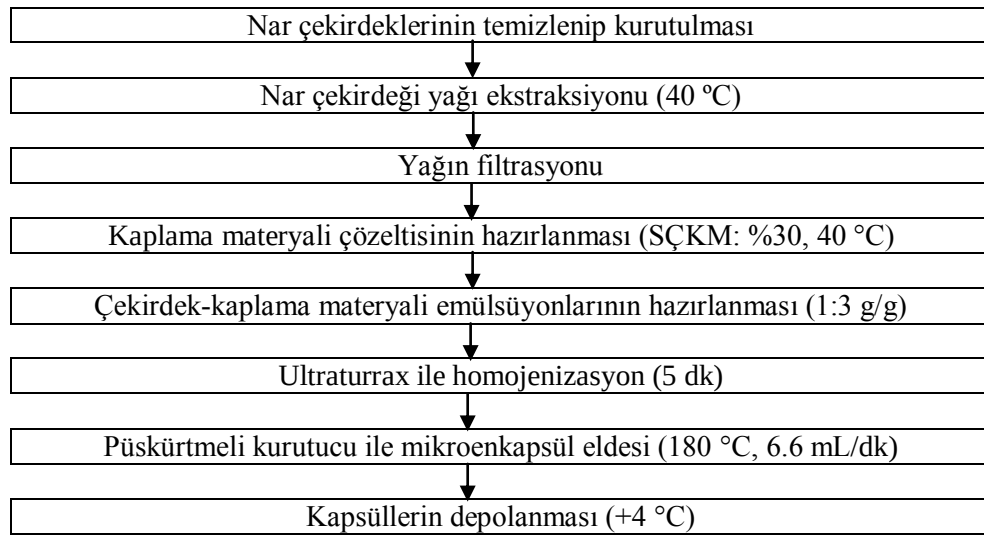
Çizelge 3.1. Deneme deseni

Kod	KM ¹ : M-G-P	MD (g)	GA (g)	PASP (g)	NÇY (g)
1	P1	0	0	30	10
2	M4:G1:P1	20	5	5	10
3	M1:G1:P4	5	5	20	10
4	M1:G1:P1	10	10	10	10
5	M1:G1	15	15	0	10
6	M1:P1	15	0	15	10
7	M1:G4:P1	5	20	5	10
8	G1	0	30	0	10
9	G1:P1	0	15	15	10
10	M1	30	0	0	10
11	P1	0	0	30	10
12	M1:G1	15	15	0	10
13	M1	30	0	0	10
14	G1	0	30	0	10

¹KM: Kaplama materyali

M: Maltodekstrin, G: Gam arabik, P: Peynir Altı Suyu Proteini

Çekirdek-kaplama materyali oranı 1:3 olacak şekilde, saf suyla hazırlanan kaplama materyali çözeltisi (%30) nar çekirdeği yağının üzerine eklenerek Ultraturaxda 5 dakika boyunca homojenize edilerek 180 °C’de püskürtmeli kurutucuya beslenmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Nar çekirdeği yağı enkapsülasyonu akış şeması

3.2.4. Emülsiyonların püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu

Püskürtmeli kurutucu çalıştırıldıktan sonra sistemin sıcaklık bakımından dengeye gelebilmesi için saf su beslenmiştir. Sistem dengeye geldikten sonra hazırlanan emülsiyonlar püskürtmeli kurutucuya beslenmiştir (Şekil 3.3.). Püskürtmeli kurutucu giriş sıcaklığı 180 °C, aspiratör hızı %100, besleme hızı ise 6.6 mL/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Kurutulan mikrokapsüller +4°C’de analizler gerçekleştirilene kadar muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.3. Püskürtmeli kurutucu

3.2.5. Analiz yöntemleri

3.2.5.1. Nar çekirdeği yağında pH ve kırılma indisi

Nar çekirdeği yağında pH ölçümü için pH metre (Hach HQ40D Dijital iki kanallı multimetre, Türkiye) kullanılmıştır. Kırılma indisi ise refraktometre (Abbe, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.5.2. Renk analizi

Nar çekirdeği yağı ve mikrokapsüllerde renk analizi için aydınlık değeri olan L^* , kırmızılık değeri $a^*\pm$ ve sarılık değeri $b^*\pm$ HunterLab kullanılarak belirlenmiştir (Hunter, 1975).

3.2.5.3. Nar çekirdeği yağında serbest yağ asitliği

Nar çekirdeği yağının % serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde IUPAC 2.201 sayılı (Anonim, 1987) metot uygulanmıştır. Serbest yağ asitliği, yüzde oleik asit cinsinden belirtilmiştir (3.1).

$$\text{Serbest yağ asitleri (\%)} = \frac{(V \times N \times M)}{m} * 100 \quad (3.1)$$

V: Sarf edilen NaOH' in hacmi (mL)

N: NaOH'in normalitesi (1 N)

m: Numune miktarı (g)

M: 2,82 sabit değer

3.2.5.4. Nar çekirdeği yağı iyot sayısı

Nar çekirdeği yağı iyot sayısı Hanus yöntemiyle belirlenmiştir. Buna göre 0.5 g yağ üzerine 10 mL kloroform eklenip çalkalanmıştır. Üzerine 25 mL Hanus çözeltisi eklenerek karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. Ardından 10 mL KI (%15'lik) ve 100 mL kaynatılıp soğutulmuş saf su ilave edilerek 0.1 N sodyum tiyosülfat ile sarı renk görülene kadar titrasyon yapılmıştır. Karışıma 0.5 mL nişasta indikatörü eklenerek berrak renk gözlenene kadar titrasyona devam edilmiştir. Aynı deney bir de örnek olmadan şahit için yapılarak iyot sayısı aşağıdaki formüle (3.2) göre hesaplanmıştır.

$$\text{İyot Sayısı} = \frac{(V_2 - V_1) * 0.01269}{m} * 100 \quad (3.2)$$

V₂: Şahit için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı (mL)

V₁: Numune için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı (mL)

m: Numune kütlesi (g)

3.2.5.5. Nar çekirdeği yağında sabunlaşma sayısı

Sabunlaşma sayısını belirlemek için bir balona 2 g nar çekirdeği yağı tartılmıştır. Üzerine 25 mL 0.5 N KOH eklenerek balon geri soğutucuya bağlanmış ve 60 dk kaynatılmıştır. Balon soğuduktan sonra 4-5 damla fenolftalein eklenip 0.5 N HCl ile berrak renk görülene kadar titre edilmiştir. Aynı işlem şahit için de yapılarak sabunlaşma sayısı aşağıdaki formülden (3.3) mg KOH/g yağ olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Sabunlaşma Sayısı} = \frac{(V_2 - V_1) * 28.05}{m} \quad (3.3)$$

V2: Şahit için harcanan HCl miktarı (mL)

V1: Numune için harcanan HCl miktarı (mL)

m: Numune kütlesi (g)

3.2.5.6. Nar çekirdeği yağı peroksit tayini

Nar çekirdeği yağının peroksit sayısının belirlenmesi IUPAC 2.501 sayılı (Anonim, 1987) metodunun modifikasyonu ile yapılmıştır. Bu amaçla 0.5 g yağ örneği erlene tartılmış ve üzerine 5 mL asetik asit-kloroform (3:2 v/v) ve 0,2 mL doymuş KI eklenmiştir. Bir dakika kadar karıştırdıktan sonra 5dk boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra erlene 15 mL su ve 0.2 mL nişasta çözeltisi (%1'lik) de eklenerek 0,01 N sodyum tiyosülfatla berrak renk yakalanana kadar titrasyon yapılmıştır. Aynı işlem şahit deney için numune kullanılmadan tekrarlanmış ve peroksit sayısı aşağıdaki formül (3.4) ile meq O₂/kg yağ olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Peroksit Değeri} = \frac{(V_1 - V_0) * N}{m} * 100 \quad (3.4)$$

V0: Şahit deneyin sodyum tiyosülfat sarfıyatı (mL)

V1: Sodyum tiyosülfat sarfıyatı (mL)

N: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi (0.01 N)

m: Numune miktarı (g)

3.2.5.7. Nar çekirdeği yağı toplam fenolik madde miktarı

Nar çekirdeği yağında toplam fenolik madde miktarı (TFMM) tayini için Folin & Ciocalteu reaktifi kullanılmış ve spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Çam ve İçyer, 2015). TFMM hesabı için gallik asit eşdeğeri (GAE) $y=77.628x(A_{765})-1.7671$ formülü kullanılmıştır. TFMM analizi için nar çekirdeği yağdan 10 g alınarak üzerine 2 mL metanol eklenmiştir. 1 dk vorteksle karıştırılmış ve 3500 rpm’de 45 dk santrifüjlenmiştir. Üst faz alınmış ve gerekli seyreltmelerden sonra tüplere 0.4 mL alınarak üzerlerine 2 mL Folin & Ciocalteu reaktifi ve saf su (1:9) karışımı eklenmiştir. Ardından tüplere 1.6 mL Na₂CO₃ çözeltisi (%75’lik) eklenerek 1 saat karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda seyreltilmiş örneklerin absorbensları 765 nm dalga boyunda spektrofotometre (UV-1700, Shimadzu, Kyoto, Japonya) ile ölçülmüştür.

3.2.5.8. Nar çekirdeği yağında ABTS ile antioksidan kapasite analizi

Nar çekirdeği yağının antioksidan aktivite analizleri Dai ve ark. (2010)’nın uygulamasına göre yapılmıştır. Seyreltmeler yapılarak ABTS reaktifi ile antioksidan kapasite tayini yapılmış ve sonuçlar troloks eşdeğer antioksidan kapasite (TEAC) olarak $y=0.1296x(A_{734})-0.0394$ ’e göre hesaplanmıştır (Çam ve ark., 2009; Re ve ark, 1999).

3.2.5.9. Kapsüllerde kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk

Mikroenkapsüle nar çekirdeği yağının kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değeri literatürdeki bir metodunun modifikasyonu ile gerçekleştirilmiştir (Tatar ve ark., 2014). Kitle yoğunluğu hesaplanırken kapsüllerden 5’er g alınarak 25 mL’lik mezüre herhangi bir basınç uygulanmadan aktarılmış ve kütle/hacim (g/cm³) oranı kaydedilmiştir. Sıkıştırılmış yoğunluk ise ilk uygulamadan sonra mezürün 200 kere düz bir zemine vurulmasıyla kapsüllerin sıkıştırılarak hacimlerinin ölçülüp, kütle/hacim (g/cm³) formülünden hesaplanmasıyla bulunmuştur.

3.2.5.10. Kapsüllerde Hausner oranı ve Carr indeks

Mikroenkapsüle tozların Hausner oranı ve Carr indeksleri aşağıda verilen formüllere göre (3.5 ve 3.6), kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Hausner oranı ve Carr indeks kullanılarak toz ürünlerin akışkanlık ilişkisi Çizelge 3.2.'ye göre belirlenmiştir (Turchiuli ve ark., 2005; Başyigit, 2017).

$$\text{Carr indeks} = \frac{(\text{sıkıştırılmış kitle yoğunluğu} - \text{kitle yoğunluğu}) * 100}{\text{sıkıştırılmış kitle yoğunluğu}} \quad (3.5)$$

$$\text{Hausner oranı} = \frac{\text{sıkıştırılmış kitle yoğunluğu}}{\text{kitle yoğunluğu}} \quad (3.6)$$

Çizelge 3.2. Carr indeks ve Hausner oranına göre akışkanlık ilişkisi (Başyigit, 2017)

Carr indeks	Akışkanlık	Hausner oranı
≤10	Mükemmel	1,00-1,11
11-15	İyi	1,12-1,18
16-20	Orta	1,19-1,25
21-25	Geçerli	1,26-1,34
26-31	Zayıf	1,35-1,45
32-37	Çok zayıf	1,46-1,59
38≥	Çok kötü	1,60≥

3.2.5.11. Kapsüllerden eksrakte edilebilir yağ miktarı

Kapsüllerden eksrakte edilebilir yağ miktarını ölçmek için literatürdeki bir metodun modifikasyonu kullanılmıştır (Zungur, 2013). Mikrokapsüllerden 1 g alınarak 5 ml petrol benzeni ile 5 dk boyunca karıştırılmıştır. Karışım filtre kağıdından darası alınmış petri kabına süzülüp aynı kapsüllerle işlem tekrarlanmıştır. Petriler etüvde solventi uçurulup (105 °C'de, 25 dk), desikatörde soğutulduktan sonra tartıma alınmıştır. Sonuçlar % yüzey yağ miktarı olarak kaydedilmiştir.

3.2.5.12. Püskürterek kurutma yönteminde enkapsülasyon etkinliği

Enkapsülasyon etkinliğini hesaplamak için % yüzey yağ miktarından faydalanılarak aşağıdaki formül (3.7) kullanılmıştır (Başyigit ve Çam, 2017).

$$\text{Etkinlik (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Mikrokapsüllerin yüzey yağ miktarı}}{\text{Mikrokapsülün toplam yağ miktarı}}\right) \times 100 \quad (3.7)$$

3.2.5.13. Püskürterek kurutma yöntemine enkapsülasyon verimi

Püskürtmeli kurutucudan elde edilen mikrokapsüllerin kütlesi ve püskürtmeli kurutucuya beslenen emülsiyonun katı madde kütlesi arasındaki ilişkiden (3.8) yararlanarak verim (%) hesaplanmıştır (Çam ve ark., 2014).

$$\text{Verim (\%)} = \frac{\text{Püskürtmeli kurutucudan elde edilen kapsüllerin kütlesi (g)} * 100}{\text{Püskürtmeli kurutucuya beslenen girdilerin kuru madde üzerinden kütlesi (g)}} \quad (3.8)$$

3.2.5.14. Kapsülerde nem tayini

Elde edilen mikrokapsüllerde nem tayini gravimetrik olarak belirlenmiştir. Kapsüllerden 1gr alınarak sabit tartımdaki petrilere yayılmış ve 70 °C’de 24 saat süreyle fanlı etüvde nemi uçurulmuştur. Daha sonra petriler desikatörde soğutulup son tartımları yapılmıştır. Sonuçlar % nem şeklinde formüle (3.9) göre hesaplanarak kaydedilmiştir (İçyer, 2012).

$$\text{Nem (\%)} = \frac{(m_2 - m_3)}{m_1} * 100 \quad (3.9)$$

m1: örneğin ilk ağırlığı (g)

m2: örneğin ilk ağırlığı + petri ağırlığı (g)

m3: son tartım (petri + kurutulmuş örnek miktarı) (g)

3.2.5.15. Kapsüllerde su aktivitesi

Püskürtülerek kurutulmuş kapsüllerin su aktivitesi, su aktivitesi ölçüm cihazı (Pre AquaLab Water Activity Analyzer, Decagon) ile ölçülmüştür. Kapsüllerden yaklaşık 2-3 g alınarak hızlıca cihazın ölçüm haznesine aktarılmıştır. Ölçüm sabitlendiğinde cihazın göstergesinden değer okunup kaydedilmiştir.

3.3. İstatiksel analiz yöntemi

Deneme tasarımının hazırlanmasında, alınan cevapların yorumlanmasında ve optimum noktaların belirlenmesinde Design Expert 7.0 paket programından (Stat-Ease, Minneapolis, ABD) faydalanılmıştır. Uygulamalar arasındaki farkın önemi ANOVA ile tespit edilmiştir. Mikrokapsüllerde yapılan analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde 22.0 SPSS paket programı (SPSS Inc., Chicago, USA) ve çoklu grupların ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesinde Tukey HSD testi kullanılmıştır. $p < 0.05$ olduğu noktalar anlamlı olarak kabul edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Nar Çekirdeği Yağı Ekstraksiyonu ve Fiziko-kimyasal Özellikleri

Günümüzde tüketilebilir yağlar presleme veya ileri işlem basamakları uygulanarak meyve ve çekirdeklerden elde edilmektedir. Presleme veya soğuk pres yöntemiyle üretilen yağlar son dönemlerde revaçtadır (Topkafa, 2013). Soğuk pres yönteminde yağ herhangi bir kimyasala maruz kalmadan düşük sıcaklıklarda (40-50 °C) ekstrakte edilebilmektedir.

Soğuk pres yöntemiyle (40°C) elde edilen nar çekirdeği yağının renk değerleri, kırılma indisi ve briks derecesi (20 °C’de) Çizelge 4.1.’de verilmiştir. Kırılma indisi değeri El-Nemr ve ark. (1990), tarafından da 1.518 olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 4.1. Nar çekirdeği yağının fiziksel özellikleri

	Renk ²			Kırılma indisi	Briks ^o
	L*	a*	b*		
NÇY ¹	24.16±0.02	1.77±0.07	14.33±0.08	1.519±0.0	90.5±0.0

¹NÇY: Nar çekirdeği yağı

²L*: Açıklık-koyuluk, a*: Kırmızı-yeşil, b*: Sarı-mavi

Nar çekirdeği yağının fizikokimyasal özellikleri ile ilgili literatürde yeterince kaynak bulunamamıştır. Nar çekirdeği yağının biyoaktif özelliklerini belirlemek amacıyla toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri yapılmıştır. Fenolik maddeler gıdalarda doğal olarak bulunurlar ve antioksidan özelliklere sahip bileşiklerdir (Zungur, 2013). Antioksidanlar insan vücudundaki serbest radikallerin olumsuz etkilerini azaltarak birçok hastalığın önlenmesinde etkinliği doğrulanan bileşiklerdir (Topkafa, 2013). Nar çekirdeği yağının da antioksidan içerik bakımından zengin olduğu düşünülmektedir. Nar çekirdeği yağında TFMM ve TEAC değerleri sırasıyla 85.29 mg GAE/kg, 59 mg TEA/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

Nar çekirdeği yağında yapılan fizikokimyasal analizler Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Serbest yağ asidi değeri %0.86 oleik asit ve peroksit değeri 3.9 meq oksijen/kg olarak bulunmuştur. El-Nemr ve ark. (1990) ve Topkafa (2013), nar çekirdeği yağında yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. TGK (Türk Gıda Kodeksi, tebliğ no: 2012/29) bitki adıyla anılan yemeklik yağlar tebliğine göre soğuk pres yağların asit sayısı en fazla 4.0 mg KOH/g ve peroksit sayısı en fazla 15 meq oksijen/kg olmalıdır. Bulunan sonuçların tebliğe uygun olduğu görülmektedir. Yağlarda iyot sayısı yağın doymamışlık oranının göstergesidir. Nar çekirdeği yağının iyot sayısı 75.12 olarak bulunmuştur. Sabunlaşma sayısı ise 203.65 mg KOH/g olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Nar çekirdeği yağının fizikokimyasal özellikleri

Kimyasal Özellik	Analiz Değerleri
TFMM ¹ (mg gallik asit eşdeğeri/kg)	85.29±1.3
TEAC ² (mg TEAC/kg)	59.69±7.41
pH	5.235±0.0
Serbest yağ asidi (% oleik asit)	0.86±0.03
Asit sayısı (mg KOH/g)	1.71±0.07
İyot sayısı	75.12±2.1
Sabunlaşma sayısı (mg KOH/g)	203.65±4.25
Peroksit değeri (meq Oksijen/kg)	3.9±0.1

¹TFMM: Toplam fenolik madde miktarı

²TEAC: Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite

4.2. Nar Çekirdeği Yağı Mikroenkapsülasyonu ve Analizleri

4.2.1. Deneme tasarımının oluşturulması

Nar çekirdeği yağı enkapsülasyonu için kaplama materyali olarak maltodektrin, gam arabik ve peynir altı suyu proteini tercih edilmiştir. Kaplama materyallerinin seçiminde literatür bilgileri, emülsifiye edici özellikleri ve kullanım avantajları göz önünde bulundurulmuştur. NÇY:KM oranı 1:3 olarak sabit tutulmuştur (Carneiro ve ark., 2013). Tonon ve ark. (2012), keten tohumu yağının püskürtmeli kurutucu ile mikroenkapsülasyonunu gerçekleştirdikleri çalışmalarında yağ konsantrasyonunun

artmasıyla enkapsülasyon veriminin azaldığını ve enkapsüle edilemeyen yüzey yağ miktarının ise arttığını bildirmişlerdir. Rodea-Gonzalez ve ark. (2012), chia esansiyel yağının enkapsülasyonunda çekirdek:KM oranını 1:2 ve 1:3 oranında denemişlerdir. Sonuç olarak oranın 1:3 olduğu durumlarda enkapsülasyon veriminin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Kaplama materyali çözeltilerinin toplam kuru madde oranı %30 olarak ayarlanmıştır. Kurutma sıcaklığı ise literatür bilgileri göz önüne alınarak 180°C’de sabit tutulmuştur (Carneiro ve ark., 2013). Goula ve Adamopoulos (2012), nar çekirdeği yağı enkapsülasyonunda %30 (g/g) kuru madde oranını ve 187°C kurutma sıcaklığını optimum koşullar olarak belirlemişlerdir.

Püskürtmeli kurutucu kullanılarak yapılacak olan enkapsülasyon uygulamasında emülsiyonların hazırlanması için kullanılacak kaplama materyallerinin kombinasyonları ve oranları Simple Lattice metodu ile belirlenmiştir. Elde edilen deneme desenine (Çizelge 4.3.) göre emülsiyonlar hazırlanmıştır. Ancak desene göre maltodekstrinin tek başına kullanıldığı adımlarda hazırlanan emülsiyonun zayıf olması nedeniyle enkapsülasyon gerçekleşmediğinden bu adımlar iptal edilmiştir. Başyigit ve Çam (2017), nane esansiyel yağı enkapsülasyonunda benzer şekilde emülsiyon oluşmadığından sadece maltodekstrinin kaplama maddesi olarak kullanıldığı adımları değerlendirmemişlerdir.

Enkapsülasyon işlemlerinden sonra, sistemin optimizasyonu için önemli parametreler olan verim, etkinlik ve carr indeks sonuçları (Çizelge 4.3.) baz alınmıştır. Etkinlik, yüzey yağ analizi sonuçları ve mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarına göre hesaplanmıştır. Enkapsüle edilen yağ uçucu bir yağ olmadığından kapsüllerdeki yağ miktarı giren yağ miktarına eşit olarak kabul edilmiştir (Carneiro ve ark., 2013). Yüzey yağ miktarının artması oksidasyona sebebiyet verebilmektedir. Dolayısıyla enkapsülasyon etkinliği enkapsüle ürünlerin raf ömrü açısından önemli bir parametredir. Carr indeks ise toz ürünlerin akışkanlığı hakkında bilgi vermekle birlikte ürünün paketleme koşulları açısından önemlidir. Carr indeks azaldıkça akışkanlık artmaktadır (Başyigit ve Çam, 2017).

Çizelge 4.3. Simple Lattice kullanılarak oluşturulan deneme deseni ve sonuçlar

Kod	KM: M-G-P ¹	% Verim	% Etkinlik	Carr indeks ²
1	P1	52.75	62.7	41.25
2	M4:G1:P1	56.70	85.5	34.60
3	M1:G1:P4	55.76	79.1	39.93
4	M1:G1:P1	52.65	85.2	36.41
5	M1:G1	52.67	89.2	26.06
6	M1:P1	53.67	84.7	34.38
7	M1:G4:P1	54.17	93.7	31.50
8	G1	43.73	81.8	38.24
9	G1:P1	56.31	91.3	30.14
11	P1	52.91	62.2	39.73
12	M1:G1	50.37	90.6	26.31
14	G1	42.25	73.6	43.18

¹KM: Kaplama materyali, M: Maltodekstrin, G: Gam arabik, P: Peynir Altı Suyu Proteinini

²Carr indeks birimsizdir

Elde edilen sonuçlara bakıldığında verim ve etkinliğin yüksek olduğu noktada gum arabik ve peynir altı suyu proteininin eşit oranda kullanıldığı görülmektedir. En düşük verimin elde edildiği noktalarda gam arabığın tek başına kullanıldığı görülmektedir. Bu durumun gam arabığın yapışkan özelliğinden dolayı püskürtmeli kurutucunun duvarlarına yapışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Etkinliğin en düşük olduğu noktalarda ise PAS proteinin tek başına kullanıldığı gözlenmiştir. Benzer sonuçlar keten tohumu yağı enkapsülasyonunda Tonon ve ark. (2012) tarafından da kaydedilmiştir. Carr indeks değerinin en iyi olduğu nokta maltodekstrin ve gam arabığın eşit olarak kullanıldığı adımdır. Ancak genel olarak carr indeks değeri istenilen düzeyde değildir. Toz ürünlerde Carr indeks değeri 25'e kadar geçerli olarak kabul edilmektedir (Turchiuli ve ark., 2005). Kaplama maddelerinin kombinasyonlanarak kullanımlarının tek başlarına kullanıldıkları yere göre verim, etkinlik ve carr indeks açısından daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.3.).

Farklı kombinasyon ve oranlarda kullanılan kaplama materyallerinin verim, etkinlik ve carr indeks üzerinde istatistiksel olarak önemi olduğu yapılan varyans analizlerinde görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.4., 4.5., 4.6.).

Çizelge 4.4. Verim için kuadratik model varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	p-değeri
Model	212.61	5	45.12	14.12	0.0029**
Doğrusal Karışım	130,90	2	65.45	21.74	0.0018**
AB*		1			0.9614
AC*	2.24	1	2.24	0.74	0.4216
BC*	76.52	1	76.52	25.41	0.0024**
Kalıntı	18.07	6	3.01		
Model	14.31	3	4.77	3.81	0.1503
Uyumsuzluğu					
Saf Hata	3.75	3	1.25		
Toplam	230.68	11			

*: A: Maltodekstrin, B: Gam arabik, C: Peynir Altı Suyu Proteinini

**: p<0,05

Çizelge 4.4' de görüldüğü üzere modelin F değerinin 14.12 hesaplanması bu modelin önemini vurgulamaktadır. F değeri sadece % 0.29 hatayla çıkabilir. p-değerinin 0.05'in altında çıkması modeldeki terimlerin dikkate değer olduklarını göstermektedir. Buna göre verim varyans analizinde BC teriminin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Model uyumsuzluğuna bakıldığında p-değerinin 0.05'den büyük çıkması modelin iyi uyduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.5. Carr İndeks için özel kübik model varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	p-değeri
Model	328.42	6	54.74	9.66	0.0124**
Doğrusal Karışım	141.10	1	70.55	32.76	0.0114**
AB*	38.18	1	38.18	58.77	0.0485**
AC*	2.95	1	2.95		0.5028
BC*	87.76	1	87.76		0.0110**
ABC*	65.60	1	65.60		0.0192**
Kalıntı	28.32	5	5.66		
Model	14.93	2	7.46	1.67	0.3251
Uyumsuzluğu					
Saf Hata	13.39	3	4.46		
Toplam	356.74	11			

*: A: Maltodekstrin, B: Gam arabik, C: Peynir Altı Suyu Proteinini

**: p<0,05

Çizelge 4.5' de görüldüğü üzere modelin F değerinin 9.66 hesaplanması bu modelin önemini vurgulamaktadır. F değeri sadece % 1.24 hatayla çıkabilir. p-değerinin 0.05'in altında çıkması modeldeki terimlerin dikkate değer olduklarını göstermektedir. Buna göre Carr indeks için varyans analizinde AB, BC, ABC terimlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Model uyumsuzluğuna

bakıldığında p-değerinin 0.05'den büyük çıkması modelin iyi uyduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.6. Etkinlik için özel kübik model varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	p-değeri
Model	1152.00	6	192.00	13.94	0.0055**
Doğrusal Karışım	665.11	2	332.56	24.14	0.0027**
AB	3.91	1	43.91	3.19	0.1343
AC	45.53	1	45.53	3.30	0.1288
BC	381.93	1	381.93	27.72	0.0033**
ABC	43.05	1	43.05	3.12	0.1374
Kalıntı	68.89	5	13.78		
Model	34.16	2	17.08	1.48	0.3579
Uyumsuzluğu					
Saf Hata	34.73	3	11.58		
Toplam	1220.89	11			

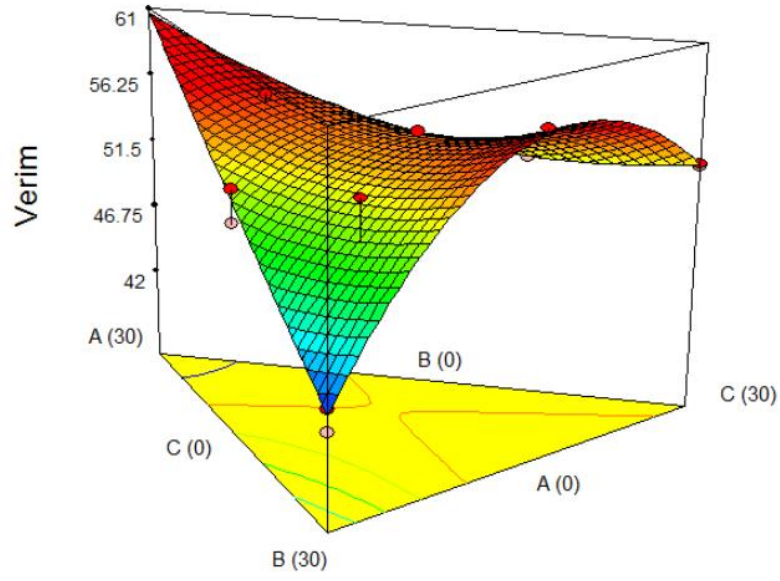
*: A: Maltodekstrin, B: Gam arabik, C: Peynir Altı Suyu Proteini

**: p<0,05

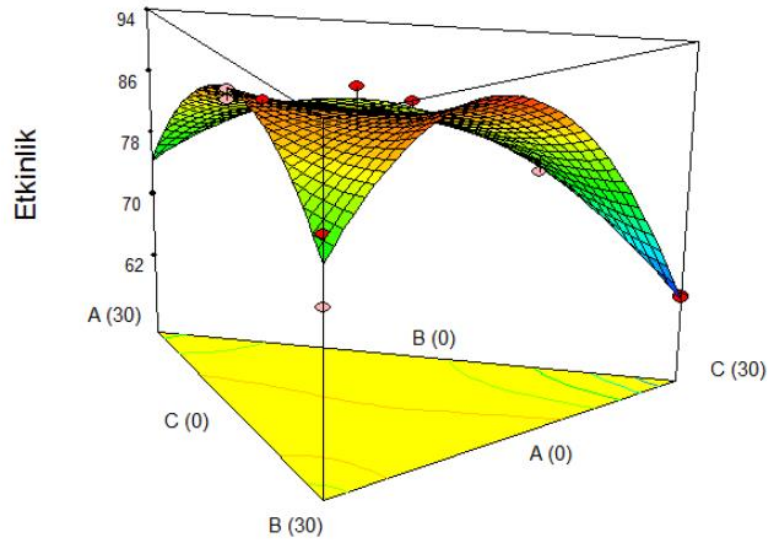
Çizelge 4.6' da görüldüğü üzere modelin F değerinin 13.94 hesaplanması bu modelin önemini vurgulamaktadır. F değeri sadece % 0.55 hatayla çıkabilir. p-değerinin 0.05'in altında çıkması modeldeki terimlerin dikkate değer olduklarını göstermektedir. Buna göre verim için varyans analizinde BC teriminin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Model uyumsuzluğuna bakıldığında p-değerinin 0.05'den büyük çıkması modelin iyi uyduğunu göstermektedir.

Design Expert programı kullanılarak elde edilen üç boyutlu verim, etkinlik ve carr indeks model grafikleri Şekil 4.1.'de verilmiştir.

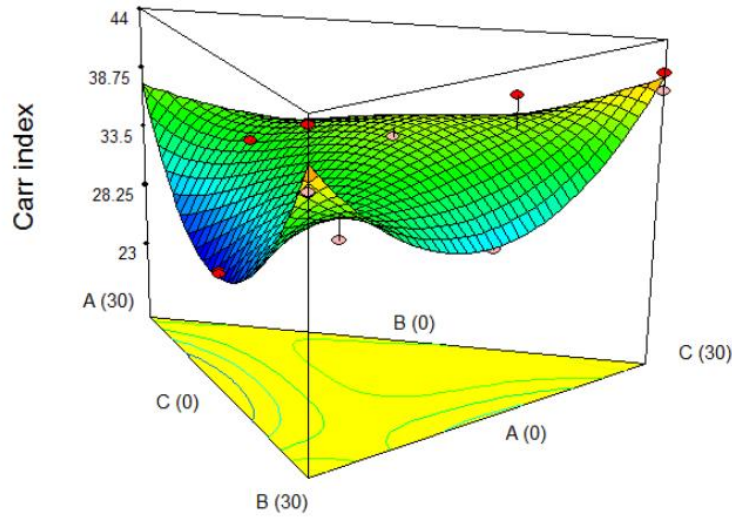
a)



b)



c)



Şekil 4.1. a) Verim, b) Etkinlik, c) Carr indeks model grafikleri (A: Maltodekstrin, B: Gam arabik, C: Peynir altı suyu proteini)

Elde edilen sonuçlara göre oluşturulan model denklemler aşağıda verilmiştir (A: Maltodekstrin, B: Gam arabik, C: Peynir altı suyu proteini):

$$\text{Verim} = 60.72 * A + 43.35 * B + 52.83 * C - 0.70 * AB - 12.58 * AC + 35.59 * BC \quad (R^2=0.92) \quad (4.1)$$

$$\text{Carr İndeks} = 37.51 * A + 40.32 * B + 40.94 * C - 52.48 * AB - 15.77 * AC - 41.50 * BC + 252.58 * ABC \quad (R^2=0.92) \quad (4.2)$$

$$\text{Etkinlik} = 74.67 * A + 78.41 * B + 62.02 * C + 56.28 * AB + 61.96 * AC + 86.58 * BC - 204.62 * ABC \quad (R^2=0.94) \quad (4.3)$$

R^2 değerlerinin (korelasyon katsayısı) büyük olması (1' e yakınlığı) bu modellerin sistemi iyi ifade ettiğini göstermektedir.

4.2.2. Mikrokapsüllerin fiziksel özellikleri

Deneme desenine göre üretilmiş olan nar çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin renk değerleri Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Mikrokapsüllerin aydınlık değerini

gösteren L*'nin, kırmızılık değerini gösteren a*'nın ve sarılık değerini gösteren b*'nin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Mikrokapsüllerin L* değerlerinin 83.39 ile 91.66 arasında, a değerlerinin -0.480 ile -0.135 arasında, b* değerinin 8.52 ile 14.21 arasında değiştiği gözlenmiştir. b* değerinin, kapsüllerdeki peyniraltı suyu proteini miktarına bağlı olarak arttığı görülmüştür. En aydınlık renge sahip kapsüllerin ise maltodektrinden kaynaklı M4:G1:P1 kodlu kapsüller olduğu gözlenmiştir. Kaplama materyallerinin kendi renklerine bağlı olarak sarılık değerine sırasıyla PAS proteini, gam arabik ve maltodekstrinin etki ettiği beyazlık değerine ise sırasıyla maltodekstrin, gam arabik ve PAS proteininin etki ettiği gözlenmiştir. a* değerlerinin negatif olması rengin yeşile yakın olduğunu işaret etmektedir.

Çizelge 4.7. Mikrokapsüllerin renk değerleri^{1,2}

Kod	KM: M-G-P ³	Renk		
		L*	a*	b*
1	P1	90.430±0.02 ^{cd}	-0.225±0.01 ^{de}	13.72±0.04 ^{ab}
2	M4:G1:P1	91.665±0.03 ^a	-0.420±0.01 ^{ab}	9.24±0.01 ^{ef}
3	M1:G1:P4	90.850±0.02 ^b	-0.135±0.00 ^f	11.41±0.00 ^c
4	M1:G1:P1	90.600±0.02 ^{bc}	-0.305±0.01 ^{cd}	10.54±0.00 ^{cd}
5	M1:G1	90.075±0.05 ^e	-0.195±0.02 ^{ef}	8.52±0.00 ^f
6	M1:P1	83.390±0.02 ^g	-0.480±0.03 ^a	11.04±0.05 ^{cd}
7	M1:G4:P1	90.395±0.01 ^{cd}	-0.340±0.00 ^{bc}	11.01±0.00 ^{cd}
8	G1	90.200±0.00 ^{de}	-0.195±0.00 ^{ef}	10.19±0.01 ^{de}
9	G1:P1	89.585±0.00 ^f	-0.250±0.02 ^{de}	13.00±0.00 ^b
11	P1	90.430±0.00 ^{cd}	-0.225±0.00 ^{de}	14.21±0.63 ^a
12	M1:G1	89.950±0.11 ^e	-0.185±0.00 ^{ef}	8.52±0.01 ^f
14	G1	89.930±0.13 ^e	-0.180±0.00 ^{ef}	10.78±0.01 ^{cd}

¹Ortalamalar minimum 2 tekrerrür içerir

²Tukey HSD testi aynı satırdaki aynı harflerle ilgili değerlerin istatistiksel olarak aynı olduğunu gösterir ($p>0.05$)

³ Maltodekstrin -gam arabik- peynir altı suyu proteini oransal miktarları

Üretilen mikrokapsüllerin nem ve su aktivitesi değerleri ise Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Toz ürünlerin nem ve su aktivitesi değerleri raf ömrüne etki eden önemli parametrelerdir. Nem değerleri üzerine farklı kaplama materyali veya kombinasyonlarının istatistiksel olarak bir önemi olmadığı belirlenmiştir. Mikrokapsüllerin nem değerleri %1.10 ile %1.97 arasında değişmektedir. Carneiro ve ark. (2013), keten tohumu yağı enkapsülasyonunda kapsüllerin nem değerlerini %1 ile %2 arasında değiştiğini gözlemlemiştirler ayrıca farklı kaplama materyali ve oranlarının nem değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemi olmadığını bildirmişlerdir.

Bae and Lee (2008), maltodekstrin ve PAS proteinlerini kullanarak avakodo yağını püskürtmeli kurutucu ile enkapsüle etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada kapsüllerin nem değerlerini % 3' ün altında bulmuşlardır. Buna göre sonuçlar benzerlik göstermektedir. Su aktivitesi değerleri ise 0.293 ile 0.365 arasında değişmektedir ve istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Mikrokapsüllerin nem değerleri literatüre uyumlu olup, su aktivitesi değerleri de mikrobiyolojik gelişim sınırının altındadır.

Çizelge 4.8. Mikrokapsüllerin nem ve su aktivitesi değerleri ^{1,2}

Kod	KM: M-G-P ³	Nem (%)	Su aktivitesi
1	P1	1.976±0.43 ^a	0.342±0.001 ^b
2	M4:G1:P1	1.600±0.00 ^a	0.363±0.003 ^a
3	M1:G1:P4	1.608±0.13 ^a	0.324±0.003 ^c
4	M1:G1:P1	1.503±0.23 ^a	0.360±0.001 ^a
5	M1:G1	1.359±0.28 ^a	0.327±0.000 ^c
6	M1:P1	1.381±0.08 ^a	0.331±0.000 ^{bc}
7	M1:G4:P1	1.199±0.89 ^a	0.343±0.000 ^b
8	G1	1.308±0.29 ^a	0.293±0.000 ^d
9	G1:P1	1.395±0.35 ^a	0.305±0.000 ^d
11	P1	1.554±0.36 ^a	0.335±0.000 ^{bc}
12	M1:G1	1.385±0.22 ^a	0.333±0.000 ^{bc}
14	G1	1.105±0.05 ^a	0.365±0.000 ^a

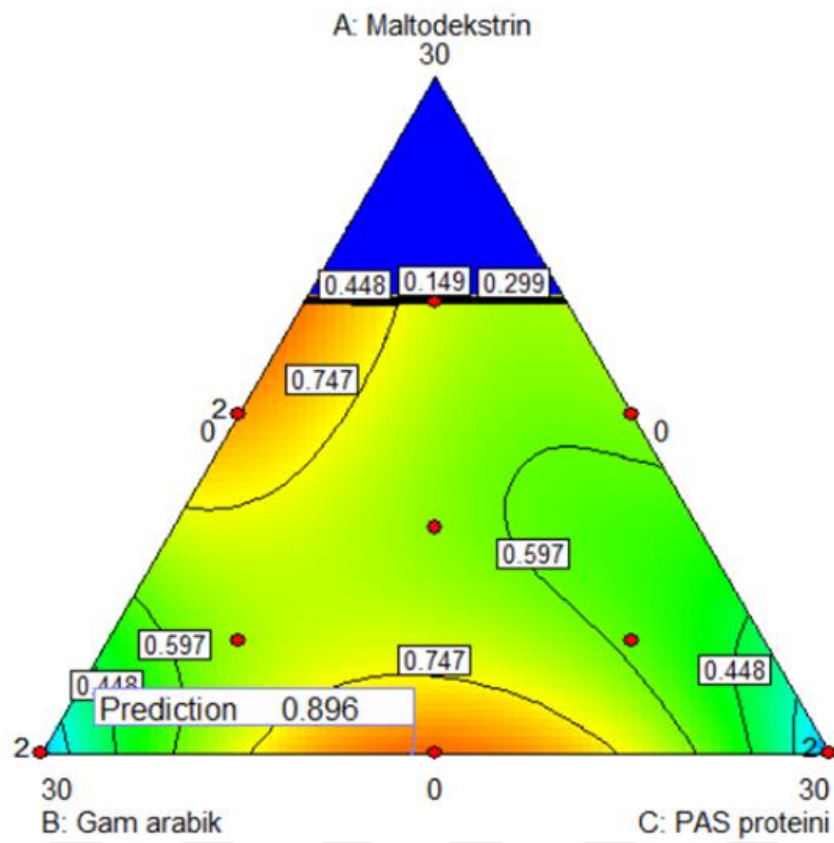
¹Ortalamalar minimum 2 tekrerrür içerir

²Tukey HSD testi aynı satırdaki farklı harflerle ilgili değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu gösterir ($p<0.05$)

³ Maltodekstrin -gam arabik- peynir altı suyu proteini oransal miktarları

4.2.3. Kaplama maddesinin optimizasyonu

Elde edilen sonuçlara göre verim ve etkinliğin maksimum olduğu, toz ürünlerde akışkanlık hakkında bilgi veren ve kaliteye etki eden carr indeksin ise minimum olduğu noktalarda optimizasyon sağlanmıştır. Buna göre model denklemler incelendiğinde gam arabığın %52.73 ve peyniraltı suyu proteininin %47.27 oranında kaplama malzemesi olarak kullanıldığı nokta, nar çekirdeği yağı enkapsülasyonu için optimum olarak saptanmıştır. Kabul edilebilirlik derecesi ise 0.896 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Optimum nokta kontür grafiği

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada nar bitkisinin çekirdeklerinden elde edilen yağın özellikleri ve kaplama materyalleri kullanılarak mikroenkapsülasyonunun gerçekleştirilmesi amaç edinilmiştir. Nar çekirdeği yağında ve elde edilen mikrokapsüllerde fizikokimyasal analizler yapılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Kaliteli bir yağ elde edebilmek adına, düşük sıcaklıkta (40°C) ve kimyasal kullanımı olmadan, yağ ekstraksiyonu için soğuk pres metodu uygulanmıştır.
- Nar çekirdeği yağının peroksit değeri, serbest yağ asidi, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, kırılma indisi değerleri sırasıyla 3.9 meq oksijen/kg, %0.86 oleik asit, 75.12, 203.65 mg KOH/g, 1.519 olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçların literatüre ve standartlara uygun olduğu görülmüştür.
- Nar çekirdeği yağında toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri yapılmış ve sırasıyla 85.29 mg gallik asit/kg, 59.69 troloks eşdeğer antioksidan kapasite/kg olarak bulunmuştur.
- Seçilen kaplama materyallerinin (maltodekstrin, gam arabik, PAS proteini) tek başlarına veya kombinasyonlanarak kullanımı için Simple Lattice yöntemiyle deneme deseni oluşturulmuştur. Yağ oranının arttırılması kurutmayı zorlaştıracığı için NÇY:KM 1:3 olacak şekilde ayarlanmıştır.
- Oluşturulan desene göre maltodekstrinin tek başına kullanıldığı adımlar emülsiyon oluşmadığından dolayı iptal edilmiştir.
- Elde edilen mikrokapsüllere göre enkapsülasyon verimi, işlemin etkinliği ve akışkanlıkla ilgili bilgi veren carr indeks belirlenmiştir. Sonuçlara göre farklı kaplama materyali ve oranlarının kullanımının

verim, etkinlik ve carr indeks üzerinde istatiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

- Sonuçlara bakıldığında kaplama materyallerinin tek başlarına kullanımı verim ve etkinliği genel olarak düşürürken kombinasyonlanarak kullanımlarının ise arttırdığı görülmüştür.
- Sistemin optimizasyonu için verim ve etkinliğin en yüksek, carr indeksin ise en düşük olduğu nokta cevap olarak kullanılmıştır. Buna göre MD'nin 0, GA'nın %52.73 ve PASP'nin %47.27 oranında kullanıldığı nokta optimum nokta olarak belirlenmiştir.
- Mikrokapsüllerin nem değerlerinin %1.10 ile %1.97 arasında değiştiği, su aktivitesi değerlerinin ise 0.293 ile 0.365 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Mikrokapsüllerin nem değerleri literatüre uyumlu olup, su aktivitesi değerleri de mikrobial gelişim sınırının altında bulunmuştur.
- Mikrokapsüllerin L^* değerlerinin 83.39 ile 91.66 arasında, a^* değerlerinin -0.480 ile -0.135 arasında, b^* değerinin 8.52 ile 14.21 arasında değiştiği gözlenmiştir
- Kaplama materyali nem oranı üzerinde istatiksel olarak önem arz etmezken, su aktivitesi ve mikrokapsüllerin renk değerleri (L^* , a^* , b^*) üzerinde istatiksel öneme sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

5.2. Öneriler

Bu çalışmada nar bitkisinin yan ürünü olan çekirdeklerinden yağının eldesi sağlanarak tanımlanmış ve ayrıca farklı kaplama materyallerinin kullanımının nar çekirdeği yağı enkapsülasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır.

- Çalışmada püskürterek kurutma yöntemi tercih edilmiştir ancak farklı parametreler dikkate alınarak (besleme ve kurutma sıcaklığı, çekirdek:kaplama materyali oranı, farklı çekirdek, kaplama materyali seçimi vb.) çalışmalar çeşitlendirilebilir ve farklı optimizasyonlar elde edilebilir.

- Enkapsülasyon işlemi sonrası yağ, mikrokapsüllerden ekstrakte edilerek enkapsülasyon öncesi ve sonrası fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılabilir.
- Yağların enkapsülasyonunda daha iyi verim almak için farklı emülsiyon oluşturma teknikleri ve bunların enkapsülasyona etkisi araştırılabilir.
- Yağların enkapsülasyonu için ileriki çalışmalarda depolama koşulları, raf ömrü araştırmaları yapılabilir ayrıca daha ileri uygulamalar için mikroenkapsüle yağların kontrollü salınımı üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilir.
- Nar çekirdeği yağı gibi, farklı gıdaların yan ürünlerinden elde edilen yağlar tercih edilerek çeşitli enkapsülasyon yöntemleri uygulanabilir.
- Diğer bir öneri ise fabrika atıklarının saflaştırılması ve bir duvar malzemesi olarak kullanılması olabilir. Böylece enkapsülasyon maliyetinin düşürülmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- ABOU EL-MAATI, S.M., 1985. Studies on Palm Oil. M. Sc. Thesis, Dept.of Food Sci., Fac. of Agric., Zagazig Univ, Zagazig, Egyp, 113p.
- AL-MAİMAN, S. A., and AHMAD, D., 2002. Changes in Physical and Chemical Properties During Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit maturation. Food Chemistry. 76(4): 437–441.
- ALOĞLU, H., ve ÖNER, Z., 2010. Peyniraltı Suyu Proteinlerinin Mikroenkapsülasyon Teknolojisinde Kaplama Materyali Olarak Kullanım Olanakları. Akademik Gıda, 8(3): 38-42.
- ANONİM, 1987. IUPAC–Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivates, (Paquot, C. and Hautfenne, A. eds.) 7th ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburg.
- ASHTON, R., 2006. Meet the Pomegranate. Editörler: R. Ashton, B. Baer, D. Silverstein. Incredible Pomegranate: Plant and Fruit. Third Millenium Publications, AZ, USA, pp. 3-8.
- AUGUSTIN, M. A., ABEYWARDENA, M. Y., PATTEN, G., HEAD, R., LOCKETT, T., DE LUCA, A., and SANGUANSRI, L., 2011. Effects of Microencapsulation on the Gastrointestinal Transit and Tissue Distribution of A Bioactive Mixture of Fish Oil, Tributyrin and Resveratrol. Journal of Functional Foods, 3(1): 25-37.
- AUGUSTIN, M. A., SANGUANSRI, L., MARGETTS, C., and YOUNG, B., 2001. Microencapsulation of Food Ingredients. Food Australia, 53(6): 220–223.
- 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.
- BAIK, M. Y., SUHENDRO, E. L., NAWAR, W. W., MCCLEMENTS, D. J., DECKER, E. A., and CHINACHOTI, P., 2004. Effects of Antioxidant and Humidity on the Oxidative Stability of Microencapsulated Fish Oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 81(4): 355-360.
- BAKRY, A. M., ABBAS, S., ALI, B., MAJEED, H., ABOUELWAFI, M. Y., MOUSA, A., and LIANG, L., 2016. Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15(1): 143-182.
- BANIHANI S., SWEDAN S., and ALGURAAN Z., 2013. Pomegranate and Type II Diabetes. Nutrition Research, 33(5): 341-348.
- BARBOSA-CANOVAS, G. V., ORTEGA-RIVAS, E., JULIANO, P., and YAN, H., 2005. Food Powders; Physical Properties, Processing and Functionality, Kluwer Academic, New York, pp.199-219.
- BAŞYİĞİT, B., 2017. Mikroenkapsüle İstant Meyan Kökü (*Glycyrrhiza Glabra* L.) Şerbeti (Çayı) Üretimi ve Depolamanın Kalite Üzerine Etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 76s.
- 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.

- BAYRAM, O. A., BAYRAM, M., and TEKİN, A. R., 2005. Spray Drying of Sumac Flavour Using Sodium Chloride, Sucrose, Glucose and Starch as Carriers. *Journal of Food Engineering*, 69(2): 253-260.
- BERISTAIN, C. I., and VERNON-CARTER, E. J., 1994. Utilization of Mesquite (*Prosopis Juliflora*) Gum as Emulsion Stabilizing Agent for Spray Dried Encapsulated Orange Peel Oil. *Drying Technology*, 12(7): 1727-1733.
- CALVO, P., CASTAÑO, Á. L., HERNÁNDEZ, M. T., and GONZÁLEZ-GÓMEZ, D., 2011. Effects of Microcapsule Constitution on the Quality of Microencapsulated Walnut Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(10): 1273-1280.
- CALVO, P., HERNÁNDEZ, T., LOZANO, M., and GONZÁLEZ-GÓMEZ, D., 2010. Microencapsulation of Extra-Virgin Olive Oil by Spray-Drying: Influence of Wall Material and Olive Quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(8): 852-858.
- CARNEIRO, H. C., TONON, R. V., GROSSO, C. R., 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.
- CHANDRA, R., BABU, K. D., JADHAV, V. T., JAIME, A., and SILVA, T. D., 2010. Origin, History and Domestication of Pomegranate. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 2: 1-6.
- ÇAM, M., and İÇYER, N. C., 2015. Phenolics of Pomegranate Peels: Extraction Optimization by Central Composite Design and Alpha Glucosidase Inhibition Potentials. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3): 1489-1497.
- DAI, J., ORSAT, V., VIJAYA RAGHAVAN, G. S., and YAYLAYAN, V., 2010. Investigation of Various Factors for the Extraction of Peppermint (*Mentha piperita* L.) leaves. *Journal of Food Engineering*, 96(4): 540-543.
- DESAI, K. G. H., and PARK, H. J., 2005. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. *Drying Technology*, 23(7): 1361-1394.
- DESOBRY, S. A., NETTO, F. M., and LABUZA, T. P., 1997. Comparison of Spray-Drying, Drum-Drying and Freeze-Drying for β -Carotene Encapsulation and Preservation. *Journal of Food Science*, 62(6): 1158-1162.
- DIAN, N. L. H. M., SUDIN, N. A., and YUSOFF, M. S. A., 1996. Characteristics of Microencapsulated Palm-Based Oil as Affected by Type of Wall Material. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(4): 422-426.
- DICKINSON, E., 2003. Hydrocolloids at Interfaces and the Influence on The Properties of Dispersed Systems. *Food Hydrocolloids*, 17(1): 25-39.
- DOMIAN, E., SUŁEK, A., CENKIER, J., and KERSCHKE, A., 2014. Influence of Agglomeration on Physical Characteristics and Oxidative Stability of Spray-Dried Oil Powder with Milk Protein and Trehalose Wall Material. *Journal of Food Engineering*, 125: 34-43.
- DONG, Z., MA, Y., HAYAT, K., JIA, C., XIA, S., and ZHANG, X., 2011. Morphology and Release Profile of Microcapsules Encapsulating Peppermint Oil by Complex Coacervation. *Journal of Food Engineering*, 104(3): 455-460.
- DUMLU, M. U., and GÜRKAN, E., 2007. Elemental and Nutritional Analysis of *Punica Granatum* from Turkey. *Journal of Medicinal Food*, 10(2): 392-395.

- DZIEZAK, J.D., 1988. Microencapsulation and Encapsulated Ingredients. Food Technology, 42(4): 136–151.
- EDRIS, A., and BERGNSTÅHL, B., 2001. Encapsulation of Orange Oil in a Spray Dried Double Emulsion. Food/Nahrung, 45(2): 133-137.
- EIBEN, C., VÉGI, B., VIRÁG, G., GÓDOR-SURMANN, K., MARÓ, A., ODERMATT, M., ... and SCHMIDT, J., 2010. Effect of Different Dietary Ratios of Sunflower and Linseed Oils on Growth and Carcass Traits of Rabbits. Livestock Science, 131(1): 15-22.
- EL-NEMR, S. E., ISMAIL, I. A., and RAGAB, M., 1990. Chemical Composition of Juice and Seeds of Pomegranate Fruit. Food/Nahrung, 34(7): 601-606.
- ERBAY, Z., 2013. Püskürtmeli Kurutucuda Beyaz Peynir Tozu Üretim Optimizasyonu ve Peynir Suyu ile Maltodekstrin Kullanımının Ürün Kalitesi ve Depolama Stabilitesi Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 204s.
- ERSUS, S., and YURDAGEL, U., 2007. Microencapsulation of Anthocyanin Pigments of Black Carrot (*Daucus Carota* L.) by Spray Drier. Journal of Food Engineering, 80(3): 805-812.
- FANG, X., WATANABE, Y., ADACHI, S., MATSUMURA, Y., MORI, T., MAEDA, H., ... and MATSUNO, R., 2003. Microencapsulation of Linoleic Acid with Low-And High-Molecular-Weight Components of Soluble Soybean Polysaccharide and Its Oxidation Process. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 67(9): 1864-1869.
- FERNANDES, L., PEREIRA, J. A., LOPÉZ-CORTÉS, I., SALAZAR, D. M., GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, J., and RAMALHOSA, E., 2017. Physicochemical Composition and Antioxidant Activity of Several Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Cultivars Grown in Spain. European Food Research and Technology, 243(10): 1799-1814.
- GHARSALLAOUI, A., ROUDAUT, G., CHAMBIN, O., VOILLEY, A., and SAUREL, R., 2007. Application of Spray-Drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An Overview. Food Research International, 40(9): 1107–1121.
- GIBBS, B. F., KERMASHA, S., ALLI, I., and MULLIGAN, C. N., 1999. Encapsulation in the Food Industry: A Review. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 50(3): 213-224.
- GÖKMEN, S., PALAMUTOĞLU, R., ve SARIÇOBAN, C., 2012. Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(1): 36-50.
- GÖLÜKCÜ, M., TOKGÖZ, H., ve ÇELİKYURT, M. A., 2005. Nar Çekirdeğinin Bazı Özellikleri Ve Nar Çekirdeği Yağının Yağ Asiti Bileşimi. Derim, 22(2): 33-40.
- GÖLÜKCÜ, M., TOKGÖZ, H., ve KIRALAN, M., 2008. Ülkemizde Yetiştirilen Önemli Nar (*Punica Granatum*) Çeşitlerine Ait Çekirdeklerin Bazı Özellikleri. Gıda, 33(6): 281-290.
- GOULA, A. M., and ADAMOPOULOS, K. G., 2012. A Method for Pomegranate Seed Application in Food Industries: Seed Oil Encapsulation. Food and Bioproducts Processing, 90(4): 639-652.
- GREEN, B.K., and SCHEICHER, L., 1955. Pressure Sensitive Record Materials. US Patent No: (2), 217, 507, Ncr C. Washington, USA

- GÜNDOĞDU, M., YILMAZ, H., ve CANAN, İ., 2015. Nar (*Punica Granatum* L.) Çeşit ve Genotiplerin Fizikokimyasal Karakterizasyonu. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 1(2): 57-65.
- GUO, C., WEI, J., YANG, J., XU, J., PANG, W., and JIANG, Y., 2008. Pomegranate Juice is Potentially Better than Apple Juice in Improving Antioxidant Function in Elderly Subjects. Nutrition Research, 28(2): 72-77.
- GUO, S., DENG, Q., XIAO, J., XIE, B., and SUN, Z., 2007. Evaluation of Antioxidant Activity and Preventing DNA Damage Effect of Pomegranate Extracts by Chemiluminescence Method. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(8): 3134-3140.
- HUNTER, R.S., 1975, Scales for The Measurements of Color Difference. In The Measurement of Appearance, John Wiley & Sons, New York.
- İÇYER, N.C., 2012. Nar Kabuğu Fenolik Bileşiklerinin Su ile Ekstraksiyonu ve Ekstraktların Mikroenkapsülasyonu. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 90s.
- JIMENEZ, M., GARCIA, H. S., and BERISTAIN, C. I., 2004. Spray-Drying Microencapsulation and Oxidative Stability of Conjugated Linoleic Acid. European Food Research and Technology, 219(6): 588-592.
- JING, P. U., YE, T., SHI, H., SHENG, Y., SLAVIN, M., GAO, B., LIU, L., and YU, L. L., 2012. Antioxidant Properties and Phytochemical Composition of China-Grown Pomegranate Seeds. Food Chemistry, 132(3): 1457-1464.
- KAÇAR, A., ve ŞAHAN, N., 2004. Yağ İkame Maddeleri Kullanılarak Üretilen Enerjisi Azaltılmış Dondurmaların Kimyasal Özellikleri. Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. (8): 7-13.
- 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(4): 536-541.
- KARA, Y., 2017. Püskürtmeli Kurutma Yöntemi İle Kemik Suyu Tozu Üretimi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Denizli, 64s.
- KENYON, M.M., 1995. Modified Starch, Maltodextrin, and Corn Syrup Solids as Wall Materials for Food Encapsulation. In: Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients (edited by S.J. Risch & G.A. Reineccius.). ASC Symposium Series 590. American Chemical Society.. DC, Washington, pp. 43-50
- KEOGH, M. K., O'KENNEDY, B. T., KELLY, J., AUTY, M. A., KELLY, P. M., FUREBY, A., and HAAHR, A. M., 2001. Stability to Oxidation of Spray-Dried Fish Oil Powder Microencapsulated Using Milk Ingredients. Journal of Food Science, 66(2): 217-224.
- KINIK, Ö., KAVAS, G., ve YILMAZ, E., 2003. Mikroenkapsülasyon Tekniği ve Süt Teknolojisindeki Kullanım Olanakları. Gıda/The Journal of Food, 28(4): 401-407.
- KOÇ, M., 2009. Pastörize Sıvı Yumurtanın Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Optimum Kurutma Koşullarının Belirlenmesi ve Mikroenkapsülasyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 205s.
- KOÇ, M., MET, A., SAKİN, M., ve KAYMAK, F., 2008. Balık Yağının Dondurarak Kurutma Yöntemiyle Mikroenkapsüle Edilmesi. 10. Türkiye Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum, s.643-646.

- KOÇ, M., SAKİN, M., ve KAYMAK-ERTEKİN, F., 2010. Mikroenkapsülasyon ve Gıda Teknolojisinde Kullanımı. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 16(1), 77-86.
- KOHNO, H., SUZUKI, R., YASUI, Y., HOSOKAWA, M., MIYASHITA, K., and TANAKA, T., 2004. Pomegranate Seed Oil Rich in Conjugated Linolenic Acid Suppresses Chemically Induced Colon Carcinogenesis in Rats. Cancer Science, 95(6): 481-486.
- KRISHNAN, S., BHOSALE, R., and SINGHAL, R. S., 2005. Microencapsulation of Cardamom Oleoresin: Evaluation of Blends of Gum Arabic, Maltodextrin and a Modified Starch as Wall Materials. Carbohydrate Polymers, 61(1): 95-102.
- KULKARNI, A. P., and ARADHYA, S. M., 2005. Chemical Changes and Antioxidant Activity in Pomegranate Arils During Fruit Development. Food Chemistry, 93(2): 319-324.
- KURT, H., ve ŞAHİN, G., 2013. Bir Ziraat Coğrafyası Çalışması: Türkiye’de Nar (*Punica granatum* L.) Tarımı. Marmara Coğrafya Dergisi, (27): 551-574.
- LANSKY, E. P., and NEWMAN, R. A., 2007. *Punica Granatum* (Pomegranate) and Its Potential for Prevention and Treatment of Inflammation and Cancer. Journal of Ethnopharmacology, 109(2): 177-206.
- LANSKY, E. P., HARRISON, G., FROOM, P., and JIANG, W. G., 2005. Pomegranate (*Punica Granatum*) Pure Chemicals Show Possible Synergistic Inhibition of Human PC-3 Prostate Cancer Cell Invasion Across Matrigel™. Investigational New Drugs, 23(2): 121-122.
- LANSKY, E., SHUBERT, S., and NEEMAN, I., 2000. Pharmacological and therapeutic properties of pomegranate. Martínez-Nicolás JJ.(ed.), Martínez-Tomé J, ed. Production, processing and marketing of pomegranate in the Mediterranean region: Advances in research and technology. Zaragoza, CIHEAM, 42: 231-235.
- LIU, F., CHEN, Z., and TANG, C. H., 2014. Microencapsulation Properties of Protein Isolates From Three Selected Phaseolus Legumes in Comparison with Soy Protein Isolate. LWT-Food Science and Technology, 55(1): 74-82.
- MADENE, A., JACQUOT, M., SCHER, J., and DESOBRY, S., 2006. Flavour Encapsulation and Controlled Release—A Review. International Journal of Food Science and Technology, 41(1), 1-21.
- MANSOUR, E., BEN KHALED, A., LACHIHEB, B., ABID, M., BACHAR, K., and FERCHICHI, A., 2013. Phenolic Compounds, Antioxidant, and Antibacterial Activities of Peel Extract from Tunisian Pomegranate. Journal of Agricultural Science and Technology, 15: 1393-1403.
- MOL, S., 2008. Balık Yağı Tüketimi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Journal of Fisheries Sciences, 2(4): 601-607.
- MOREAU, D. L., and ROSENBERG, M., 1993. Microstructure and Fat Extractability in Microcapsules Based on Whey Proteins or Mixtures of Whey Proteins and Lactose. Food Structure, 12(4): 457-468.
- MORTON, J., 1987. Pomegranate. In: Morton, J.F. (Ed.), Fruits of Warm Climate. Florida Flair Books, Miami, FL, pp.352-355.
- MUTKA, J. R., and NELSON, D. B., 1988. Preparation of Encapsulated Flavors with High Flavor Level. Food Technology, 42(4): 154-157.

- NEDOVIC, V., KALUSEVIC, A., MANOJLOVIC, V., LEVIC, S., and BUGARSKI, B., 2011. An Overview of Encapsulation Technologies for Food Applications. *Procedia Food Science*, 1: 1806-1815.
- OĞUZ, H. İ., UKAV, İ., ve EROĞLU, D., 2011. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Nar (*Punica granatum* L.) Üretimi ve Pazarlanması, GAP VI. Tarım Kongresi, 09-12 Mayıs, Şanlıurfa, s.108-112.
- OKUMUŞ, G., YILDIZ, E., ve BAYİZİD, A. A., 2016. Doğal Antioksidan Bileşikler: Nar Yan Ürünlerinin Antioksidan Olarak Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2).
- ONUR, C., 1988. Nar. *Derim Dergisi*, 5(4): 147-192.
- ONUR, C., 1990. Nar Yalnızca Meyve Değil Bir Endüstri Bitkisi. *ATSO*. Sayı 34, Antalya.
- ORHAN, E. İ., 2016. Omega-5, -7 Yağ Asitleri, Konjuge Linoleik Asit (CLA) ve Sağlık İlişkisi. <http://www.aeo.org.tr/Files/Yayinlar/SEB1-WEB.pdf>. (Erişim tarihi: 02.03.2019).
- ÖZGEN, M., DURGAÇ, C., SERÇE, S., and KAYA, C., 2008. Chemical and Antioxidant Properties of Pomegranate Cultivars Grown in the Mediterranean Region of Turkey. *Food Chemistry*, 111(3): 703-706.
- PATRICK, K. E., ABBAS, S., LV, Y., NTSAMA, I. S. B., and ZHANG, X., 2013. Microencapsulation by complex coacervation of fish oil using gelatin/SDS/NaCMC. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 23(1): 17-25.
- PRUTHI, J. S., and SAXENA, A. K., 1984. Studies on Anardana (Dried Pomegranate Seeds). *Journal of Food Science and Technology*, 21: 296-299.
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., and RICE-EVANS, C., 1999. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10): 1231-1237.
- ROCCIA, P., MARTINEZ, M. L., LLABOT, J. M., and RIBOTTA, P. D., 2014. Influence of Spray-Drying Operating Conditions on Sunflower oil Powder Qualities. *Powder Technology*, 254: 307-13.
- RODEA-GONZÁLEZ, D. A., CRUZ-OLIVARES, J., ROMÁN-GUERRERO, A., RODRIGUEZ-HUEZO, M. E., VERNON-CARTER, E. J., and PÉREZ-ALONSO, C., 2012. Spray-Dried Encapsulation of Chia Essential Oil (*Salvia Hispanica* L.) in Whey Protein Concentrate-Polysaccharide Matrices. *Journal of Food Engineering*, 111(1): 102-109.
- SALGADO, J. M., FERREIRA, T. R. B., DE OLIVEIRA BIAZOTTO, F., and DOS SANTOS DIAS, C. T., 2012. Increased Antioxidant Content in Juice Enriched with Dried Extract of Pomegranate (*Punica Granatum*) Peel. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67(1): 39-43.
- SAXENA, A. K., MANAN, J. K., and BERRY, S. K., 1987. Pomegranates; Postharvest Technology, Chemistry and Processing. *Indian Food Packer*, 41(4): 43-60.
- SHAIKH, J., BHOSALE, R., and SINGHAL, R., 2006. Microencapsulation of Black Pepper Oleoresin. *Food chemistry*, 94(1): 105-110.
- SHEU, T. Y., and ROSENBERG, M., 1998. Microstructure of Microcapsules Consisting of Whey Proteins and Carbohydrates. *Journal of Food Science*, 63(3): 491-494.

- SHU, B., YU, W., ZHAO, Y., and LIU, X., 2006. Study on Microencapsulation of Lycopene by Spray-Drying. *Journal of Food Engineering*, 76(4): 664–669.
- TAMER, C. E., 2006. Nar: Bileşimi ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 9(5): 1-7.
- TATAR, F., TUNÇ, M. T., DERVİŞOĞLU, M., ÇEKMECELİOĞLU, D., and KAHYAOĞLU, T., 2014. Evaluation of Hemicellulose as a Coating Material with Gum Arabic for Food Microencapsulation. *Food Research International*, 57: 168-175.
- TEHRANIFAR, A., ZAREI, M., NEMATİ, Z., ESFANDIYARI, B., and VASIFESHENAS, M.R. , 2010. Investigation of Physico-Chemical Properties and Antioxidant Activity of Twenty Iranian Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Cultivars. *Scientia Horticulturae*, 126(2): 180-185.
- TEIXEIRA DA SILVA, J. A. T., RANA, T. S., NARZARY, D., VEMA, N., MESHRAM, D. T., and RANADE, S. A., 2013. Pomegranate Biology and Biotechnology: A Review. *Scientia Horticulturae*, 160(85): 85-107.
- TONON, R. V., PEDRO, R. B., GROSSO, C. R., and HUBINGER, M. D., 2012. Microencapsulation of Flaxseed Oil by Spray Drying: Effect of Oil Load and Type of Wall Material. *Drying Technology*, 30(13): 1491-1501.
- TOPKAFA, M., 2013. Yenilebilir Nar Çekirdeği Yağının Rafinasyon Özelliklerinin İncelenmesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Konya, 184s.
- TURCHIULI, C., FUCHS M., BOHIN, M., CUVELIER, E., ORDONNAUD, C., PEYRAT-MAILLARD, M.N., and DUMOULIN E., 2005. Oil Encapsulation by Spray Drying and Fluidised Bed Agglomeration. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(1): 29-35.
- ÜNAL, E., ve ERGİNKAYA, Z., 2010. Probiyotik Mikroorganizmaların Mikroenkapsülasyonu. *Gıda*, 35(4): 297-304.
- UYAN-ERSUS, S., 2004. Karahavuç Antosiyanin Ekstraktının Püskürtmeli Kurutucu Kullanılarak Mikroenkapsülasyonu. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, İzmir, 167s.
- VARDİN, H., 2000. Harran Ovasında Yetişen Değişik Nar Çeşitlerinin Gıda Sanayinde Kullanım Olanakları Üzerine Bir Çalışma. *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış), Doktora Tezi*, Adana, 130s.
- VARDİN, H., ve ABBASOĞLU, M., 2004. Nar Ekşisi ve Narın Diğer Değerlendirme Olanakları. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 23-24 Eylül, Van, s.195-196.
- WANG, B., ADHIKARI, B., and BARROW, C. J., 2014. Optimisation of the Microencapsulation of Tuna Oil in Gelatin–Sodium Hexametaphosphate Using Complex Coacervation. *Food Chemistry*, 158: 358–365.
- WANG, R. X., TIAN, Z. G., and CHEN, L. Y., 2011. A Novel Process for Microencapsulation of Fish Oil with Barley Protein. *Food Research International*, 44(9): 2735–2741.
- YAMASAKI, M., KITAGAWA, T., KOYANAGI, N., CHUJO, H., MAEDA, H., KOHNO-MURASE, J., and YAMADA, K., 2006. Dietary Effect of Pomegranate Seed Oil on Immune Function and Lipid Metabolism in Mice. *Nutrition*, 22(1): 54-59.
- YANG, Z. M., PENG, Z., LI, J. H., LI, S. D., KONG, L. X., LI, P. W., and WANG, Q. H., 2014. Development and Evaluation of Novel Flavour Microcapsules

- Containing Vanilla Oil Using Complex Coacervation Approach. Food Chemistry, 145: 272-277.
- YILMAZ, B., ve USTA, C., 2011. Nar'ın (*Punica Granatum*) Terapötik Etkileri. Türkiye Aile Hekimliği Dergisi, 14(3): 146-153.
- YOUNG, S. L., SARDA, X., and ROSENBERG, M., 1993. Microencapsulating Properties of Whey Proteins. 1. Microencapsulation of Anhydrous Milk Fat. Journal of Dairy Science, 76(10): 2868-2877.
- ZUIDAM, N. J., and SHIMONI, E., 2010. Overview of Microencapsulates for Use in Food Products or Processes and Methods to Make Them. In Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing, Springer, New York, NY, pp. 3-29.
- ZUNGUR, A., 2013. Mikroenkapsülasyon İşleminin Ekstra Sızma Zeytinyağı Tozunun Depolanması Sırasında Oksidatif Stabilité, Sorpsiyon ve Fiziksel Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 169s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Esra Abacı
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa, 19.05.1991
e-mail : abaciesra1991@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İl	Bitirme Yılı
Lise	Ş.Urfa Anadolu Lisesi, Şanlıurfa	2009
Üniversite	Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep	2015
Yüksek Lisans	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2019

YABANCI DİLLER

İngilizce