T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NAR ÇEKİRDEĞİNDEN PROTEİN TOZU ÜRETİMİ VE NAR ÇEKİRDEĞİ YAĞININ MİKROENKAPSÜLASYONUNDA KULLANIMI

Melike YÜCETEPE

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2020

Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN danışmanlığında, Melike YÜCETEPE'nin hazırladığı **"Nar Çekirdeğinden Protein Tozu Üretimi ve Nar çekirdeği Yağının Mikroenkapsülasyonunda Kullanımı"** konulu bu çalışma 02/12/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN ……..

Üye : Prof. Dr. Hasan VARDİN ……..

Üye : Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ ……..

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: 20118

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MATERYAL ve YÖNTEM 12
3.1. Materyal 12
3.1.1. Nar Çekirdekleri 12
3.1.2. Kaplama Materyalleri 12
3.2. Yöntem 13
3.2.1. Nar çekirdeği yağı eldesi 13
3.2.2. Nar çekirdeği protein tozu (NÇP) eldesi 13
3.2.3. Emülsiyon hazırlanması ve püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikrokapsüllerin eldesi 14
3.2.4. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları 15
3.2.4.1. Nar çekirdeği analizleri 15
3.2.4.2. Nar çekirdeği yağı analizleri 15
3.2.4.3. Ekstraksiyon verimi 15
3.2.4.4. Renk analizi 16
3.2.4.5. Nem miktarı 16
3.2.4.6. Su aktivitesi (a_w) 17
3.2.4.7. Su tutma kapasitesi 17
3.2.4.7. Yağ bağlama kapasitesi 17
3.2.4.9. Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi 18
3.2.4.10. Amino asit kompozisyonu analizi 19
3.2.4.11. Mikroenkapsülasyon verimi 19
3.2.4.12. Yüzey yağ miktarı ve mikroenkapsülasyon etkinliğinin belirlenmesi 20
3.2.4.13. Islanabilirlik 20
3.2.4.14. Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu 21
3.2.4.15. Hausner oranı ve carr indeksi 21
3.2.4.16. Parçacık boyutu analizi 22
3.2.4.17. Taramalı elektron mikroskopisi (SEM) 22
3.2.4.18. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopisi (FTIR) 23
3.2.4.19. Termal analizler (TGA, DTG, DTA) 23
3.2.4.20. Diferansiyel tarama kolorimetri (DSC) analizi 23
3.2.4.21. Nükleer manyetik rezonans (NMR) analizi 24
3.2.4.22. X-ray ışınlarının kırınımı (XRD) analizi 24
3.2.4.23. Oksidasyon stabilitesi (peroksit tayini) 25
3.2.4.24. İstatistiksel analiz 25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 26
4.1. Nar Çekirdeği 26
4.2. Nar Çekirdeği Yağı 26
4.3. Nar Çekirdeği Protein Tozu 27
4.5. Mikrokapsüle Nar Çekirdeği Yağının Fizikokimyasal Analizleri 31
4.4. Enstrümental Analizler 35
4.4.1. Parçacık boyutu analizi 35
4.4.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi 37
4.4.3. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analizi 39
4.4.4. Mikrokapsüllerin termal kararlılık analizleri (TGA, DTG ve DTA) 41
4.4.5. Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizi 45
4.4.6. Nükleer manyetik rezonans (NMR) analizi 46
4.4.7. X-ray ışınlarının kırınımı (XRD) analizi 47

4.4.8. Oksidasyon stabilitesi (Peroksit değeri) 49
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 52
KAYNAKLAR 56
ÖZGEÇMİŞ 65

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NAR ÇEKİRDEĞİNDEN PROTEİN TOZU ÜRETİMİ VE NAR ÇEKİRDEĞİ YAĞININ MİKROKAPSÜLASYONUNDA KULLANIMI

Melike YÜCETEPE

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN
Yıl: 2020, Sayfa: 65

Bu çalışmada nar çekirdeği protein tozunun (NÇP), nar çekirdeği yağının (NÇY) püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonunda kaplama materyali olarak kullanım potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kaplama materyali olarak NÇP'nin yanı sıra gam arabik (GA) ve sığır jelatini (J); ve çekirdek materyali olarak NÇY 1:1 oranda kullanılarak mikrokapsüller elde edilmiştir. Püskürtmeli kurutucu giriş sıcaklığı 160 °C, hava akımı %30 ve besleme hızı 300 mL/sa olarak belirlenmiş ve tüm denemelerde sabit tutulmuştur. Elde edilen kapsüllerin fizikokimyasal özellikleri mikroenkapsülasyon verimi, mikroenkapsülasyon etkinliği, renk, nem tayini, su aktivitesi, ıslanabilirlik ve akışkanlık (carr index ve hausner oranı) analizleri yapılarak tespit edilmiştir. NÇY mikrokapsüllerinde %41.04 ile en fazla verime J ile kaplanan NÇY mikrokapsülleri (JM), yüzey yağ %88.90 değeriyle GA ile kaplanan NÇY kapsüllerinin (GAM) olduğu tespit edilmiştir. Nem analizi ve su aktivitesi analizinde %0.91 ve 0.23 değerlerine, ıslanabilirlik analizinde 21 saniye (sn) ile en kısa süre değerine, ayrıca en düşük carr index ve hausner oranına (31.63 ve 1.46) NÇP ile kaplanan NÇY mikrokapsüllerinin (NÇPM) sahip olduğu görülmüştür. Mikrokapsüllerin fiziksel ve kalite özellikleri parçacık boyutu analizi ve taramalı elektron mikroskobu kullanılarak tespit edilmiştir. Tüm mikrokapsül örneklerinin mikro boyuta parçacık içerdiği ayrıca nano boyutta da parçacık içerdiği belirlenmiştir. Kapsül şekillerinin protein kaplamalarda büzülmüş yapıda olduğu, GA ile kaplanan mikrokapsüllerde daha oval şekle sahip olduğu görülmüştür. FTIR analiz sonuçları NÇY'nin ve duvar materyallerinin kendi özelliklerini koruyarak başarılı şekilde kapsülleme işleminin yapıldığını göstermiştir. Mikrokapsüllerim termal özellikleri termogravimetrik analizler ile belirlenmiştir ve ısısal dayanımları kabul edilebilir seviyelerde bulunmuştur. NMR sonuçları NÇY'nın mikrokapsüllerde bulunduğunu doğrulamıştır. GAM, JM ve NÇPM örneklerinin DSC analizinde GA, J ve NÇP örneklerine göre daha yüksek erime sıcaklığına sahip oldukları görülmüştür. XRD analizinde mikrokapsülasyon işlemi ile kristallik değerinin azaldığı, maddelerin amorfluklarının arttığı belirlenmiştir. Depolama süresince NÇP ve GA duvar materyallerinin J duvar materyaline göre daha çok stabilite sağladığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Nar çekirdeği, Protein, Nar çekirdek yağı, Mikroenkapsülasyon, Püskürtmeli Kurutma

ABSTRACT

MSc Thesis

PROTEIN POWDER PRODUCTION FROM POMAGRANATE SEED AND UTILIZATION IN POMEGRANATE SEED OIL MICROENCAPSULATION

Melike YÜCETEPE

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet KARAASLAN
Year: 2020, Page: 65

In this study, it was aimed to determine the potential use of pomegranate seed protein (PSPI) as a coating material in the encapsulation of pomegranate seed oil (PSO) by spray drying method. PSO was microencapsulated with as the coating material, pomegranate seed proteins as well as gum arabic (GA) and bovine gelatin (G); at a ratio of 1:1. The spray dryer inlet temperature at 160 ° C, airflow 30% and feed rate 300 mL / h were maintained in all trials. The physicochemical properties of the obtained capsules were determined by analyzing the microencapsulation yield, microencapsulation efficiency, color, moisture determination, water activity, wettability and fluidity (carr index and hausner ratio). PSO capsules coated with G (GM) had the highest efficiency with 41.04% and PSO capsules coated with GA (GAM) had 88.90% the higest value of surface oil. PSO capsules coated with PSPI (PSPIM) were found to have 0.91% and 0.23% values at moisture analysis and water activity analysis, respectively, and the shortest time value with 21 seconds in the wettability analysis, and the lowest carr index and hausner ratio (31.63 and 1.46). Physical and quality properties of microcapsules were determined using particle size analysis and scanning electron microscopy (SEM). It was determined that all microcapsule samples contain micro-sized particles as well as nano-sized particles. It has been observed that the capsule shapes are in a shrunk structure in protein coatings, while microcapsules coated with GA have a more oval shape. FTIR analysis results showed that PSO and wall materials were successfully encapsulated while preserving their own properties. The thermal properties of microcapsules were determined by thermogravimetric analysis and their thermal resistance was found at acceptable values. GAM, GM and PSPIM samples were found to have higher melting temperatures than GA, G and PSPI samples in DSC analysis. NMR results confirmed that PSO was present in microcapsules. In XRD analysis, it was determined that the crystality value decreased and the amorphousness of the substances increased about the microencapsulation process. It was determined that PSPI and GA wall materials provide more stability than G, during storage.

KEYWORDS: Pomagranate Seed, Protein, Pomagranate seed oil, Microencapsulation, Spray drying

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim sürecinde hiçbir konuda desteğini esirgemeyen, tez çalışmalarımda bilgi ve birikimleriyle bana yol gösteren, danışmanlığında çalışmaktan onur duyduğum ve mutlu olduğum Sayın hocam Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN'a,

Kıymetli zamanlarını hazırladığım yüksek lisans tezime ayırıp değerlendirdikleri için tez jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Hasan VARDİN'e ve Doç. Dr. Mehmet Fatih YILMAZ'a,

Bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, destek ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Eyüp KARAOĞUL'a,

Laboratuvar çalışmalarımın ve tez yazımımın başlangıcından sonuna kadar her türlü destek, anlayış ve yardımlarından dolayı Arş. Gör. Bülent BAŞYİĞİT'e ve Dr. Öğr. Üyesi Ümran CANSU'ya,

20118 no'lu proje kapsamında tez çalışmama maddi destek veren Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (HÜBAK)'na,

Bugüne kadar desteklerini daima hissettiğim, benim bu günlere gelmemde büyük rol oynayan annem Nesrin YILDIRIM ve babam Bahri YILDIRIM'a, ayrıca dostum, küçük kardeşim Özge YILDIRIM'a,

Şanlıurfa'da her konuda yardımcı olan ve beni yalnız bırakmayan ikinci ailem babam Mehmet Fevzi YÜCETEPE, annem Sezin YÜCETEPE ve kardeşlerim Emirhan YÜCETEPE, Mehmet Ziya YÜCETEPE'ye,

Bu süreçte tüm desteği ile yanımda olan ve olumsuzluklarıma katlanan nazımı çeken sevgili eşim Burak Bakır YÜCETEPE'ye anlayışı, hoşgörüsü, desteği ve sabrı için,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Mikrokapsüllerin yapısı 5
Şekil 2.2. Püskürtmeli kurutucu bileşenleri 7
Şekil 3.1. Nar çekirdekleri 12
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan ticari kaplama materyalleri 13
Şekil 3.3. Nar çekirdeği protein ekstraksiyonunun akım şeması 14
Şekil 4.1. Soğuk pres ile elde edilmiş nar çekirdeği yağı 27
Şekil 4.2. Nar çekirdeği protein tozu 28
Şekil 4.3. Elde edilen mikrokapsüllerin görüntüleri 33
Şekil 4.4. Farklı duvar materyalleri kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin parçacık boyutu analiz sonuçları 36
Şekil 4.5. Farklı duvar materyalleri kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri 38
Şekil 4.6. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopisi (FTIR) analiz sonuçları 41
Şekil 4.7. Toz ürünlerin termogravimetri (TGA), diferansiyel termal analiz (DTA) ve diferansiyel termogravimetrik analiz (DTG) diyagramları 44
Şekil 4.8. Toz ürünlerin DSC termogramları 46
Şekil 4.9. Nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi görüntüleri 47
Şekil 4.10. X-Ray ışınları kırınımı (XRD) spektroskopisi görüntüleri 48
Şekil 4.11. Mikrokapsüllerin günlere göre peroksit değişim grafiği 51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Carr indeks, hausner oranı ve akışkanlık ilişkisi 22
Çizelge 4.1. Nar çekirdeğinin biyokimyasal kompozisyonu (%) 26
Çizelge 4.2. Nar çekirdeği yağının fizikokimyasal özellikleri 27
Çizelge 4.3. Nar çekirdeği protein tozunun fiziksel ve fonksiyonel özellikleri 28
Çizelge 4.4. Nar çekirdeği protein tozunun pH değişimine göre köpük oluştırma kapasitesi (KOK) ve köpük stabilitesi (KS) değerleri 29
Çizelge 4.5. Nar çekirdeği protein tozunun aminoasit kompozisyonu 30
Çizelge 4.6. Nar çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin fizikokimyasal analizleri-1 31
Çizelge 4.7. Nar çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin fizikokimyasal analizleri-2 33
Çizelge 4.8. Mikrokapsüllerin nanoboyutları (µm) 35
Çizelge 4.9. Kaplama materyalleri ve mikrokapsüllerin nanoboyutları ve kristalite değerleri 49

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

^{o}C	Santigrat derece
g	Gram
a_w	Su aktivitesi
L	Litre
mL	Mililitre
µL	Mikrolitre
rpm	1 dakika içerisinde gerçekleştirilen dönüş/devir sayısı
sa	Saat
dk	Dakika
sn	Saniye
ω	Omega
m	Kütle
v	Hacim
kg	Kilogram
µm	Mikrometre
M	Molar

Kısaltmalar

NÇY	Nar çekirdeği yağı
NÇP	Nar çekirdeği protein tozu
GA	Gam arabik
J	Sığır jelatini
NÇPM	Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanmış nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri
GAM	Gam arabik ile kaplanmış nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri
JM	Sığır jelatini ile kaplanmış nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri
NaOH	Sodyum hidroksit
HCl	Hidroklorik asit
$Na_2S_2O_3$	Sodyum tiyosülfat
PI	Potasyum iyodür
CI	Carr index
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu
XRD	X-ray ışınları kırınımı spektroskopisi
TGA	Termogravimetrik analiz
DTG	Diferansiyel termogravimetrik analiz
DTA	Diferansiyel termal analiz
DSC	Diferansiyel tarama kalorimetrisi

1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen teknolojiye, kadınların iş hayatında daha fazla var olmasına ve artan iş temposuna bağlı olarak hazır gıda tüketimi ön plana çıkmaktadır. Tüketicinin artan taleplerini karşılayabilmek için fonksiyonel özellikte olan daha kaliteli, uzun raf ömrüne sahip besleyiciliği yüksek gıdaların geliştirilmesi konusunda araştırmalar hız kazanmıştır. Gıdalara besleyicilik, tat ve renk gibi fonsiyonel özellik kazandırmak amacıyla biyoaktif bileşenler doğrudan ürüne ilave edilmektedir. Bu bileşenler çevresel etmenlere ve oksidasyona karşı çok duyarlı olduğundan gıdaların prosesi, depolanması ve nakliyesi sırasında biyoaktif özellikleri kaybedebilmektedirler (Yılmaz, 2011; Souza ve ark., 2005). Bu olumsuzlukları engellemek için günümüzde çalışmalar devam etmektedir.

Gıdaların işlenmesi sırasında, hazırlanmasında ve tüketim aşamasında açığa çeşitli atıklar çıkmaktadır. Gıda atıkları ekonomik ve çevresel kirliliğe sebep olmanın yanı sıra besin ve değerli biyokütle kaybına da yol açmaktadır. Gıda endüstrisinde proses sırasında oluşan yan ürünlerin ve açığa çıkan atıkların geri kazanımı son dönemlerde toplumun ve ilgili sektörlerin ilgisini çekmiş, geri kazanım ve biyodönüşüm son yıllarda önem kazanmıştır (Yılmaz, 2011; Şener ve Ünal, 2008). Günümüzde biyodönüşüm çalışmaları proses sırasında oluşan atıklardan fonksiyonel bileşikler elde etmek ve gıdalara eklenerek bu gıdaların çeşitli yapısal ve duyusal özelliklerinin geliştirilmesini araştırmaya yöneliktir (Yağcı ve ark., 2006).

Nar (*Punica granatum L.*), çok yıllık bir bitki olup subtropik ve tropik iklimlerde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Adaptasyon kabiliyeti yüksek olan nar bitkisi ılıman iklim bölgelerinde de yetiştirilebilmektedir. Yazların uzun ve sıcak olması, kışların yağışlı ve ılık olması yetiştirildiği bölgenin özelliklerindendir (Özgüven ve Yılmaz, 2000). Dünyada sırasıyla Hindistan, İran, Çin, Türkiye ve Amerika en çok nar üretimi yapan ülkelerdir. Üretimdeki ve büyümedeki hızlı artış sebebi dolayısıyla üretim miktarında net bilgi bulunmamakla birlikte narın dünyada yaklaşık 1.5 milyon ton üretiminin yapıldığı tahmin edilmektedir (Holand ve Bar-Ya'akov, 2008). Afganistan, Türkiye,

Çin, Hindistan ve İran ise en çok nar ihracatı yapan ülkelerdir (Erkan ve Kader, 2011). Türkiye'de son on yılda nar üretim miktarı 170 bin tondan 560 bin tona çıkarak yaklaşık %330 artış göstermiştir. Ülkemizde sırasıyla en çok nar üretimi sırasıyla Akdeniz Bölgesi, Ege Bölgesi ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yapılmaktadır (Anonim, 2019).

Nar meyvesi taze tüketilmesinin yanı sıra meyve suyu, nar ekşisi ve nar şarabı olarak da tüketilebilmektedir. Ayrıca çeşitli kısımları tanen, pektin, sirke, boya ve mürekkep hammaddeleri, sitrik asit, hayvan yemi, yağ, ilaç hammaddesi, hayvan yemi ve gübre olarak kullanılmaktadır (Vardin, 2000; İkinci, 2007; Yağcı ve ark., 2006). Narın meyve kısmı üç bölümden oluşmaktadır; dış kabuk, etli mezokarp ve çekirdek. Meyve ağırlığının %3-20'sini çekirdek, %30-35'ini meyve suyu ve kalan kısmını da iç zarlar dahil kabuk kısmı oluşturmaktadır. Nar işleme sırasında yaklaşık %20 kadar nar çekirdeği atık olarak ortaya çıkmaktadır (Mahesar ve ark., 2019).

Nar çekirdeği yağ ve protein bakımından önemli bir kaynaktır (Gölükcü ve ark., 2005). Tekgül ve Kök (2011) yaptıkları bir çalışmada nar çekirdeklerinin polifenol gibi biyoaktif bileşenler açısından zengin olduğunu göstermişlerdir. Nar çekirdekleri geleneksel ve modern tekniklerle ekstakte edildiklerinde yaklaşık %7-27 oranında yağ elde edilmektedir (Ghorbanzadeh ve Rezaei, 2017). Nar çekirdeği yağı (NÇY) ile ilgili çalışmalar 1950'lere kadar uzanmaktadır (Ahlers ve McTaggart, 1954), ancak son yıllarda gıda uygulamaları için özel bir yağ olarak incelenmiştir. Hafif kokulu ve sarı renkli bir yağdır. Son yıllarda çalışmalar beslenme, eczacılık ve kozmetik amaçlarla genişletilmiştir ancak öncesinde NÇY boya formülasyonlarında biyodizel, yağlayıcı veya katkı maddesi olarak kullanılmıştır (Costantini ve ark., 2014).

Doymamış yağ asitleri, tokoferoller ve fitosterollerle birlikte NÇY, gıda endüstrisinde oldukça değerli omega-5 (ω-5) olarak da bilinen punisik asitin (konjuge linolenik asit) ana kaynağıdır. Antimikrobiyal, antioksidan, immünomodülatör, anti-kanserojen ve lipid metabolizması düzenleme etkileri gösterdiği bilinmektedir (Boroushaki ve ark., 2016). Ayrıca farmasötik ve nutrasötik olarak kullanılmasına ek olarak nörokoruyucu etki de göstermektedir (Mizrahi ve ark., 2014).

NÇY %80'den fazla çoklu doymamış yağ asidi içermektedir. Punisik asit (ω-5) NÇY'de en çok bulunan yağ asitidir ve bunu linoleik asit, oleik asit ve stearik asit izlemektedir (Mahesar ve ark., 2019; Sezgin ve Artık, 2017).

Nar çekirdeği yağının (NÇY) sağlığa olumlu etkileri olduğu bilimsel çalışmalarla gösterilmiştir. Çalışmaların özellikle punisik asit (ω-5) üzerine olduğu görülmüştür. NÇY'nin cilt kanserini engellemede (Hora ve ark, 2003), karaciğerdeki yağ seviyesini düşürmede (Arao ve ark., 2004) etkili olduğu bilinmektedir. Bir araştırmaya göre NÇY %8.53 doymuş, %91.47 doymamış yağ asitleri içermektedir (Gölükcü ve ark., 2005). NÇY çevresel etmenlerin (ışık, ısı ve oksijen vb.) etkisi ile proses, depolama ve nakliye sırasında kimyasal ve fiziksel değişimlere uğramaktadır. Bu tip problemler yağın yapısını bozmakta ve aynı zamanda ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Çoklu doymamış yağ asitlerini oksidasyon gibi çevresel etmenlerden korumak amacıyla geliştirilen teknolojilerden biri de mikroenkapsülasyon yöntemidir. Mikroenkapsülasyon çekirdek olarak da adlandırılan kaplanması istenen maddenin, koruyucu katman ile içine hapsedildiği kaplama teknolojisi olarak tanımlanabilmektedir (Madene ve ark., 2006; Dordevic ve ark., 2015).

Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon teknolojisi uygulamalarında kullanılan kaplama materyalleri çoğunlukla; karbonhidratlar, proteinler ve gamlardır. En çok nişasta ve türevleri (maltodekstrin, gam arabik ve selüloz vb.) kullanılmaktadır. Jelatin, kazein ve kazeinatlar protein bazlı kaplama materyalleri olarak kullanılırken, mumlar, fosfolipidler ve gliserin gibi lipidler ise mikroenkapsülasyon teknolojisinde kullanılan diğer kaplama materyalleridir (Koç, 2009). Renk ve aroma değişimi, yapışma tehlikesi ve oksidasyon mikroenkapsülasyon teknolojisinin olumsuzluklarındandır (Gökmen ve ark., 2012).

Gıda sanayiinde püskürterek kurutma tekniği mikroenkapsülasyon teknolojisinde en fazla kullanılan yöntemdir. Bu yöntem ekonomik ve pratiktir. Ayrıca

geniş ürün grubuna uygulanabilmektedir. Mikroenkapsülasyon işlemlerinde püskürterek kurutma tekniğine etki eden önemli faktörler taşıyıcı madde çeşidi, bu maddenin konsantrasyonu, mikrokapsül içindeki yağın oranı ve uygulanan emülsifikasyon işlemleridir (Tontul ve Topuz, 2013).

Bu tez çalışmasında, nar çekirdeği yağı; nar çekirdeği protein tozu, gam arabik ve sığır jelatini kullanılarak belirlenmiş yağ konsantrasyonu ve sıcaklıkta püskürtmeli kurutucu ile mikrokapsüllere dönüştürülmüştür. Elde edilen tüm veriler karşılaştırılarak nar çekirdeği protein tozunun kaplama materyali olarak kullanım olanakları araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile

- Nar çekirdek atıklarını kullanarak besleyici değeri yüksek, fonksiyonel, kullanıma hazır ve gıda matriksine kolaylıkla eklenebilecek çözünebilir mikrokapsüllerin geliştirilmesi,
- Elde edilen nar çekirdeği protein tozunun, nar çekirdeği yağının mikroenkapsülasyonunda kullanım potansiyelinin araştırılması

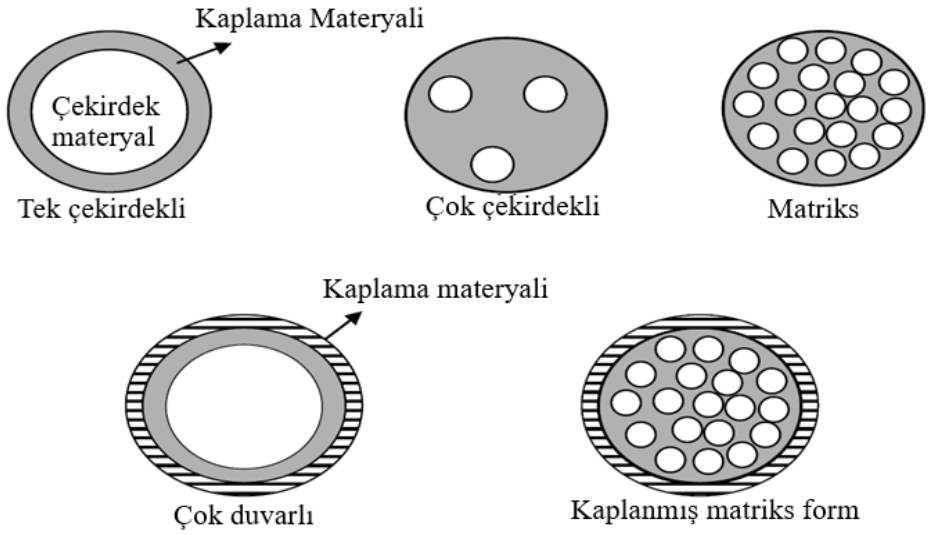
amaçlanmıştır.

- Nar çekirdeği proteinlerinin ekstrakte edilmesi,
- Nar protein tozunun karakteristik özelliklerini belirlenmesi,
- Nar çekirdeği yağının nar proteini tozu, gam arabik, sığır jelatini ile mikrokapsüle edilmesi,
- Mikrokapsüllerin fiziksel ve fizikokimyasal karakterize edilmesi,
- Analiz sonuçları değerlendirilerek nar protein tozunun kaplama materyali olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi

hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mikroenkapsülasyon çekirdek maddenin (iç faz veya aktif madde) çevresini uygun bir veya birden çok kaplama materyali (dış faz veya duvar materyali) ile sarılarak mikro düzeyde kapsüllerin elde edilmesi teknolojisidir. Duvar materyali çekirdek maddesini çevresel etkilerden korur ve kontrollü salınımına izin vermektedir. Bu kapsüllerin boyutu 0.2 – 5 000 µm arasındadır. Şekilleri çekirdek materyaline ve kaplama yöntemine göre değişmektedir. Genellikle küre şeklindedir ancak çekirdek materyalinin yapısına göre düzensiz de olabilmektedirler (Paula ve Santos, 2017; Gharsallaoui ve ark., 2007). Şekil 2.1.'de mikrokapsüllerin yapısı gösterilmiştir (Gharsallaoui ve ark., 2007).



Şekil 2.1. Mikrokapsüllerin yapısı

İngiliz bir şirket (A. Boake, Roberts & Co, Ltd) 1932 yılında püskürtmeli kurutma yöntemi ile gıda aroma maddelerini gam arabik (GA) ile kaplayarak mikroenkapsülasyon teknolojisini kullanmıştır. Püskürtmeli kurutma teknolojisi bu üretimden sonra gıda endüstirisnde kullanılan önemli uygulamalar arasında yerini almıştır (Barbosa-Canovas ve ark., 2005).

Son yıllarda mikroenkapsülasyon teknolojisi kimya, eczacılık, boya, kozmetik ve gıda endüstrisi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Augustin ve ark., 2001). Mikroenkapsülasyon başlarda kötü tadın maskelenmesinde ve sıvı materyallerin katı materyallere dönüştürülmesinde kullanılmaktaydı. Günümüzde fonksiyonel gıda üretiminin artması sonucunda mikroenkapsülasyon teknolojisi gıda endüstirisi için daha çok önem kazanmıştır (Gouin, 2004; Kunz ve ark., 2003).

Mikroenkapsülasyon; çekirdek materyalini, kaplama materyali kullanarak biyoaktif bileşenleri çevresel etkilere (ısı, ışık, metal iyonları ve oksidasyon) karşı korumakta ve bozulmasını engellemektedir.

Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon işleminin kullanımının avantajları aşağıdaki maddelerle özetlenebilir:

- Isı, ışık, nem, oksijen vb. gibi çevresel etmenlerden kaplanan gıda maddesinin korunması ve bozulmasının engellenmesi,
- Kaplanan gıda maddesinin buharlaşarak kaybolmasının engellenmesi,
- Mümkün olduğunda gıda maddesinin fiziksel özelliklerinin iyi korunmasının sağlanması,
- Kaplanmış olan gıda maddesinin daha kolay ve rahat taşınması,
- Kaplanan gıda maddesinin tat ve koku gibi kendine has özelliklerinin korunması,
- Diğer maddeler ile gıda maddesinin reaksiyona girmesinin engellenmesi,
- Gıda maddesinin az miktarda kullanımı amaçlandığında kolay seyreltilebilmesi ve seyreltme işleminin homojen olmasının sağlanması (Desai ve Park, 2005).

Gıda sanayiinde püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, akışkan yatak kaplama, ekstrüzyon, koaservasyon ve ko-kristalizasyon gibi pek çok farklı yöntemden yararlanılsa da en çok kullanılan mikroenkapsülasyon yöntemi püskürtmeli kurutma teknolojisidir (Jafari ve ark., 2008). İşlem maliyeti diğer yöntemlere göre daha düşüktür ve tekrarlanabilir olması endüstriyel işlemler için

uygun olmasını sağlamaktadır (Özcan ve Altun, 2013). Püskürtmeli kurutucunun ekipmanı ve ekipmana ait bileşenler Şekil 2.2.'de sunulmuştur.



Şekil 2.2. Püskürtmeli kurutucu bileşenleri

Aroma maddelerinin ve yağların mikroenkapsülasyon uygulamasında karbonhidratlar (maltodekstrinler, gamlar, nişasta ve türevleri vb.) ve proteinler (kazein ve kazeinatlar, soya proteini vb.) kullanılmaktadır. Karbonhidrat olan GA aroma maddeleri ve yağların mikroenkapsülasyonunda öne çıkmaktadır (Jafari ve ark., 2008); ancak son yıllarda fonksiyonel gıdaların hayatımızda daha çok yer almasıyla beraber kaplama materyali olarak protein kullanım olanaklarının araştırılması önem kazanmıştır.

NÇY'nin NÇP ile mikroenkapsülasyon uygulamasına dair yapılan halihazırda bir bilimsel çalışmanın olmadığı anlaşılmaktadır. NÇY'nın mikroenkapsülasyonu ve NÇP'nin kaplama materyali olarak kullanımı bu tez çalışmasının özgün değeri olarak düşünülmektedir. Tez çalışmasının konu ve kapsamına yakın bazı literatür bilgileri bu kısımda sunulmuştur.

Yapılan bir çalışmada nar çekirdeğinin kimyasal bileşimi araştırılmıştır. Araştırma bulgusu olarak; Hicaz çeşidi nar çekirdeğinde %50.93 kuru madde, %21.25 yağ, %37.10 protein ve %2.44 kül rapor edilmiştir. Bu verilere dayanarak nar çekirdeğinin yağ ve protein bakımından önemli bir kaynak olduğu söylenebilmektedir. Aynı çalışmada yağ asitleri kompozisyonunu; %78.83 punisik asit, %6.83 oleik asit ve %5.81 linoleik asit olmak üzere doymamış; %4.62 palmitik asit, %2.77 stearik asit ve %1.14 araşidik asit olmak üzere doymuş yağ asitleri bulunduğu tespit edilmiştir (Gölükcü ve ark., 2005).

Costa ve ark. (2019), yaptıkları bir araştırmada Türkiye'de yetiştirilen iki çeşit narın çekirdek yağlarını incelemişlerdir. Birinci çeşit nar çekirdeği yağlarının %84.3 konjuge linolenik asit (punisik asit) olmak üzere; %89.6 çoklu doymamış, %5.71 tekli doymamış yağ asiti, toplamda %95.3 doymamış yağ asiti içerdiğini tespit etmişlerdir. İkinci çeşit nar çekirdeği yağlarının ise %85.4 punisik asit olmak üzere; %89.9 çoklu doymamış, %5.52 tekli doymamış yağ asiti ve toplamda %95.4 doymamış yağ asiti kompozisyonuna sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Vroegrijk ve ark. (2011), NÇY'nin farelerde beslenmeye bağlı obezite ve insülin direnci önlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada; NÇY ile beslenen farelerde vücut yağ kitlesinin düştüğünü, karaciğer insülin duyarlılığının etkilenmediğini ancak periferik insülin duyarlılığını geliştirdiğini tespit etmişlerdir.

Soyer-Sarıca ve Liman (2016), erkek fareler üzerinde yaptıkları araştırmada NÇY'nin lipid peroksidasyonunun etkilerini karaciğer hasarı üzerinde azaltarak koruyucu rol aldığını rapor etmişlerdir.

Lansky ve ark. (2000), NÇY'nin kalp rahatsızlıklarını engellediğini, günümüzde Japon patentli ilaçlarda bulunan 9 bitkiden biri ve AIDS için kullanılan yiyecekler sınıfına alındığını yaptıkları çalışmalar ile belirlemişlerdir.

Badee ve ark. (2012), nane esansiyel yağını mikrokapsüle etmişler, yaptıkları çalışma sonucunda en uygun kaplama materyalinin GA olduğunu göstermişlerdir.

Başyiğit ve Çam (2017), yaptıkları çalışmada nane (*Mentha piperita* ve *Mentha spicata*) yağının mikroenkapsülasyon olanaklarını araştırmışlardır. Analizler sonucunda kaplama materyali oranına ve nane yağının elde edildiği yönteme göre püskürtmeli kurutma tekniğinde mikroenkapsülasyon analiz sonuçlarının değişkenlik gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada püskürtmeli kurutucu kullanarak peynir altı suyu protein konsantresi ile kaplanmış gallik asit yüklü mikrokapsüller ve Japon Karaağacından (*Ulmus davidiana*) pektik polisakkaritleri ve peynir altı suyu proteini konsantresi ile kaplanmış gallik asit yüklü mikrokapsülleri karşılaştırılmıştır. Pektik polisakkaritler ve peynir altı suyu proteini kompleksi ile kaplanan mikrokapsüllerin, sadece peynir altı suyu ile kaplanan mikrokapsüllere göre daha yüksek verime sahip olduğu belirlenmiştir (Choi ve Chang, 2018).

Sarabandi ve ark. (2018), farklı kazein hidrolizatlarının püskürtmeli kurutucu ile gerçekleştirdikleri mikroenkapsülasyonun sürecini ve higroskopiklik gibi fiziksel özelliklerini yaptıkları bir çalışmada değerlendirmişlerdir. Kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanmışlar; kazein hidrolizatlarının kaplama işleminden sonra önemli ölçüde higroskopikliklerinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Gomes ve Kurozawa (2020), bir araştırmalarında alkalaz ve flavorenzim ile hidroliz edilen pirinç proteini hidrolizatlarıyla keten tohumu yağını püskürtmeli kurutma yöntemini kullanarak mikrokapsüllemişler ve potansiyel kullanımını değerlendirmişlerdir.

Ribeiro ve ark. (2020), A vitaminini püskürtmeli kurutucu ile GA, maltodekstrin ve nişasta karışımları kullanarak kapsüllemişlerdir. Elde edilen mikrokapsüller kontrollü salınım açısından değerlendirilmiştir. Salınım sürelerinin kaplama materyaline göre değişiklik gösterdiğini belirlemişler; nişasta örnekleri daha düşük salınım süresine sahipken maltodekstrin örneklerinin daha uzun salınım süresine sahip olduğunu göstermişlerdir.

Tan ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada püskürtmeli kurutucu kullanarak doğal, hidrolize ve jelleşmiş peynir altı suyu proteinleri ile pepsini mikrokapsüle etmişlerdir. Çalışmada pepsin kapsüllerinin kontrollü salınımını değerlendirmişlerdir.

Francisco ve ark. (2020), araştırmalarında portakal uçucu yağının enkapsülasyonunda bezelye proteinini ve soya proteinini emülgatör olarak kullanmışlardır. Bezelye proteinini (bir emülgatör olarak hareket etme, portakal yağı içeren su içinde yağ emülsiyonlarını stabilize etme), tatların mikroenkapsülasyonunda hali hazırda kullanılan soya proteini ile mikropartiküller üretme kabiliyetine göre karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına dayanarak bezelye proteinin soya proteinine göre daha etkili bir şekilde kaplama yaptığını göstermişlerdir.

Le-Priol ve ark. (2019), püskürtmeli kurutucu kullanarak ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini iyileştirmek amacıyla piyasada bulunan beş bitki protein özütü ile kaplamışlardır. Bezelye proteini, soya proteini, esmer pirinç proteini, kenevir proteini ve ayçiçeği proteini duvar materyali olarak kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Sonuç olarak bezelye proteini ile kaplanan ayçiçek yağının en iyi oksidatif stabiliteye sahip olduğu ispatlanmıştır.

Karaaslan ve ark. (2021), çalışmalarında biber tohumu yağını optimum koşullarda püskürtmeli kurutma yöntemi ile belirli oranda (1:1; 1:5; 1:9) kaplama materyali olarak gam arabik ve maltodekstrin karıştırılarak kapsüllemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda mikrokapsüller *Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa* ve *Enterococcus faecalis* gelişimlerini (çoğalmalarına) karşı inhibisyon aktivitesi sergilemiştir, buna karşın biber tohumu yağının yalnızca *Staphylococcus aureus'a* karşı bir antimikrobiyal aktivitesi olduğunu gözlemlenmişlerdir. GA ve maltodekstirinin birlikte kullanıldığı mikrokapsüllemenin, depolama süresi boyunca biber tohumu yağının oksidasyona karşı önemli ölçüde korunması sağladığı belirlenmiştir.

Kaushik ve ark. (2016), yaptıkları bir araştırmada keten tohumu yağını, keten tohumu proteini ve keten tohumu sakızını kullanarak koaservasyonla oluşturulan bir matrisle kaplanmıştır. Mikrokapsüller püskürtmeli kurutma veya dondurarak kurutma yöntemini kullanarak elde edilmiştir. Bu mikrokapsüllerin mikrokapsülleme verimliliği, yüzey yağı, morfolojisi ve oksidatif stabilitesi belirlenmiştir. Çalışma neticesinde püskürtmeli kurutucu kullanılarak üretilen kapsüllerin dondurarak kurutulmuş mikrokapsüllere göre daha yüksek yağ kapsülleme verimine, daha düşük yüzey yağ içeriğine, daha pürüzsüz yüzey morfolojisine ve daha yüksek oksidasyon stabilitesine sahip olduğu rapor edilmiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde özellikle son yıllarda kaplama materyali olarak proteinlerin kullanımının arttığı ve bu sayede farklı protein kaynaklarının kaplama materyali olarak değerlendirilmesine yönelik çalışmaların ön plana çıktığı görülmektedir. Bu çalışmalarda genel olarak çekirdek materyalinin yani kaplanan materyallerin raf ömrünün uzadığı; ayrıca fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş yeni ürünlerin geliştirildiği sonuçlarına rastlanılmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Nar Çekirdekleri

Bu çalışmada Şanlıurfa'da faaliyet gösteren Biogap Gıda İlaç ve Tarım işletmesinden temin edilen nar çekirdekleri (Şekil 3.1.) yağ ve protein kaynağı olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Nar çekirdekleri

3.1.2. Kaplama Materyalleri

Araştırmada mikroenkapsülasyon işleminde taşıyıcı madde olarak ekstraksiyon ile elde edilen nar çekirdeği protein tozunun (NÇP) yanı sıra gam arabik (GA) (Merck, Darmstad, Almanya) ve sığır jelatini (J) (SelJel Jelatin, Bursa, Türkiye) (Şekil 3.2.) kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan ticari kaplama materyalleri
a: Gam arabik, b:Sığır jelatini

3.2. Yöntem

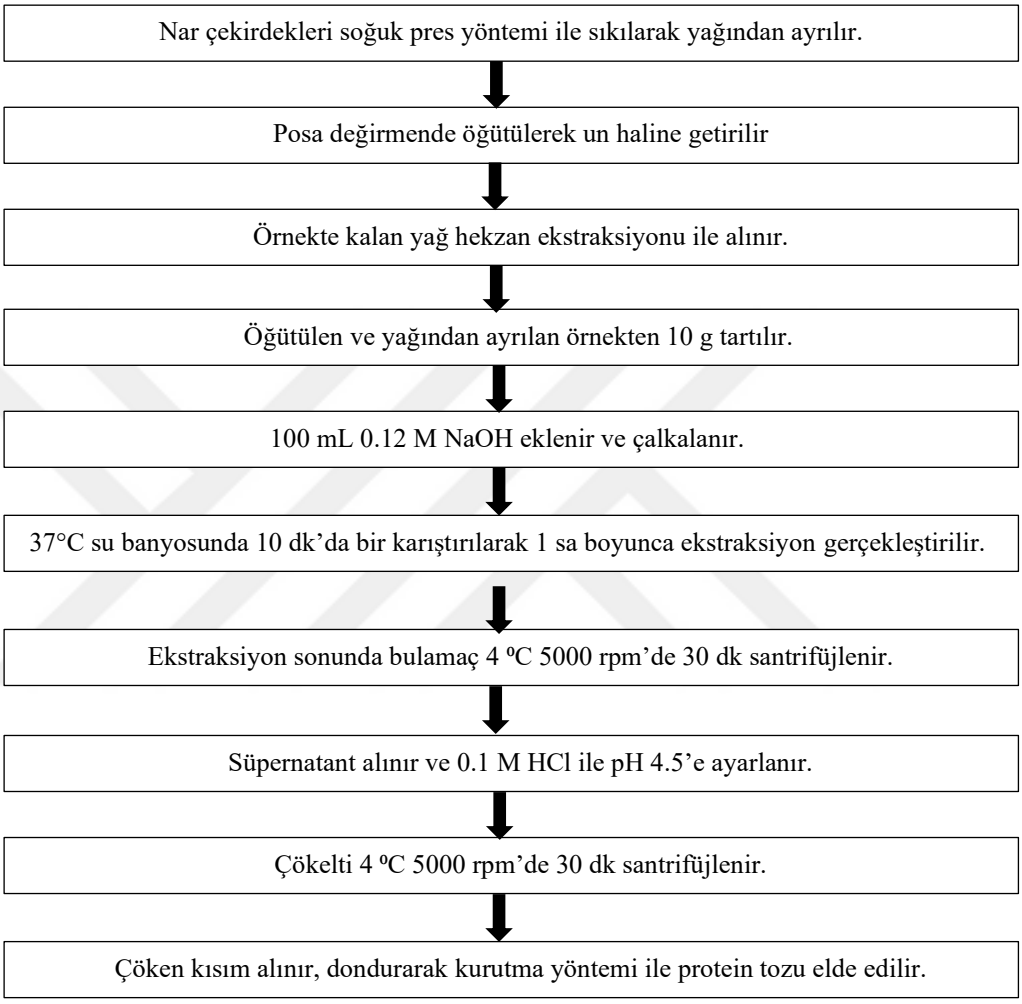
3.2.1. Nar çekirdeği yağı eldesi

Nar çekirdeklerinin yağının elde edilmesinde laboratuvar tipi soğuk pres (Tuan Makina Sp 1560 S, Ankara, Türkiye) kullanılmıştır. Belirlenen sabit parametreler; 12 mm çaplı çıkış ucu, 12 rpm sıkma hızı ve maksimum 100 °C çıkış sıcaklığı olmuştur. Elde edilen yağlar filtre edilerek içinde bulunan tohum ve küspe parçaları gibi katı parçacıkların ayrılması sağlanmıştır.

3.2.2. Nar çekirdeği protein tozu (NÇP) eldesi

NÇY elde ettikten sonra kalan posa değirmende öğütülmüştür. Öğütülen nar çekirdeği posasından kalan yağı uzaklaştırmak için hekzan ile muamele edilmiştir. Öğütülen ve kalan yağından ayrılan posadan NÇP elde etmek için alkali ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır (Du ve ark., 2012). Ekstraksiyon akım şeması Şekil 3.3.'te verilmiştir. Öğütülmüş ve yağından ayrılmış posadan 10 g örnek tartılmıştır. 100 mL 0.12 M sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile 37 ºC su banyosunda her 10 dakikada bir karıştırılarak 1 sa boyunca ekstraksiyon yapılmıştır. Ekstraksyion sonunda bulamaç 4 ºC 5000 rpm'de 30 dk boyunca santrifüj (NF 1200R, Nüve, Ankara, Türkiye)

edilmiştir. Süpernatant alınıp 0.1 M hidroklorik asit (HCl) ile pH 4.5'e ayarlanmıştır. Tekrar 4 ºC 5000 rpm'de 30 dk santrifüj edilmiştir. Çökelti alınıp -18 ºC'de dondurulmuş sonrasında dondurarak kurutma cihazı (Armfield SB4, Ringwood, İngiltere) kullanılarak kurutulmuştur.



Şekil 3.3. Nar çekirdeği protein ekstraksiyonunun akım şeması

3.2.3. Emülsiyon hazırlanması ve püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikrokapsüllerin eldesi

Çalışmada NÇP, GA ve J duvar materyalleri, NÇY çekirdek materyali ile ağırlıkça 1:1 oranda kullanılmıştır. Duvar materyalleri GA, J ve NÇP 5'er g tartılmış ve üzerlerine 150 mL saf su eklenmiştir. Ancak NÇP 5 g tartılmış 150 mL saf su ilave edildikten sonra 0.12 M NaOH ile pH 10.0'a ayarlanmıştır. Daha sonra her bir örneğe

5 g NÇY eklenerek sulu çözeltiler elde edilmiştir. Oluşan sulu çözeltiler klasik yöntem ile Silverson L4R karıştırma cihazında oda sıcaklığında 15 dk 4000 rpm hızında emülsifiye edilmiştir.

LAB-PLANT SD-04 marka püskürtmeli kurutucu kullanılarak oluşturulan emülsiyonlar kurutulmuş ve mikrokapsüller oluşturulmuştur. Püskürtmeli kurutmada hava giriş sıcaklığı 160 ºC olarak belirlenmiştir. Ürün kaybının engellenmesi için hava akımı %30 olarak belirlenmiş, peristaltik pompa yardımıyla atomizere besleme 300 mL/sa olarak sağlanmıştır. Elde edilen mikrokapsüller siklon seperatörde ayrıldıktan sonra ürün toplama kabına alınmıştır. Mikrokapsüller nem almayacak şekilde kaplara alınarak kodlanmış ve +4 ºC'de muhafaza edilmiştir.

3.2.4. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları

3.2.4.1. Nar çekirdeği analizleri

Nar çekirdeğinin biyokimyasal kompozisyonunu belirlemek amacıyla protein, yağ, ham kül ve nem analizleri AOAC (1990) analiz yöntemlerine göre yapılmıştır.

3.2.4.2. Nar çekirdeği yağı analizleri

Nar çekirdeği yağının peroksit değeri, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, kırılma indisi, renk (L*, a* ve b*), pH ve asit değeri AOAC (1984); toplam fenolik miktarı Başyiğit ve ark. (2020b) ve toplam flavonoid miktarı Zhishen ve ark. (1999) analiz metotlarına göre belirlenmiştir.

3.2.4.3. Ekstraksiyon verimi

Protein ekstraksiyonu işlemi sonunda elde edilen ve kurutulan protein tozu tartılmış, ekstraksiyonun başlangıcında kullanılan örnek miktarı da göz önünde bulundurularak ekstraksiyon verimi hesaplanmıştır. Ekstraksiyon verimi Eşitlik 3.1.'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{EV}\ (\%) = \frac{\text{TPM}}{T\ddot{O}M} \text{ x } 100 \qquad (3.1)$$

Eşitlikte;
EV: Ekstraksiyon verimi (%)
TÖM: Tartılan örnek miktarı (g)
TPM: Ekstraksiyon sonunda tartılan protein tozu miktarı (g) olarak verilmiştir.

3.2.4.4. Renk analizi

Tüm toz örneklerin (duvar materyalleri ve mikrokapsül örnekleri) L* (aydınlık koordinatı), a*± (kırmızılık koordinatı) ve b*± (sarılık koordinatı) değerleri HunterLab cihazı ile belirlenmiştir (Duangmal ve ark., 2008).

3.2.4.5. Nem miktarı

Toz örneklerin (duvar materyalleri ve mikrokapsül örnekleri) nem miktarı gravimetrik yöntemle hesaplanmıştır. Bu amaçla tartılan 0.5 g örnek önceden darası alınmış ve sabit tartıma gelmiş petrilere eklenmiş 105 ºC ’de 24 sa süre ile etüvde kurutulmuştur. 24 saatin sonunda petriler etüvden alınarak desikatörde sabit tartıma gelene kadar soğutulmuş ve tartımları not edilmiştir. % nem sonuçları aşağıdaki eşitliğe (Eşitlik 3.2.) göre hesaplanmıştır (İçyer, 2012).

$$\text{Nem}\ (\%) = \frac{\text{N2}-\text{N3}}{N1} \text{ x } 100 \qquad (3.2)$$

Bu eşitlikte;
N1: Numunenin ilk ağırlığı (g)
N2: Numunenin ilk ağırlığı ve petri ağırlığı (g)
N3: Petri ve kurutulmuş numune miktarı (son tartım) (g) olarak tanımlanmıştır.

3.2.4.6. Su aktivitesi (a_w)

Pre Aqua LAB ölçme cihazı kullanılarak toz örneklerin (duvar materyalleri ve mikrokapsül örnekleri) su aktivitesi (a_w) değerleri belirlenmiştir. Yaklaşık 3 g numune, cihazın örnek kabına konulmuş ve denge nem değerine ulaşana dek oda sıcaklığında (25±1 ^oC) bekletilmiştir. Denge haline gelen a_w değerleri dijital göstergeden okunarak kayıt altına alınmıştır.

3.2.4.7. Su tutma kapasitesi

Protein tozunun su tutma kapasitesinin (STK) ölçülmesi amacıyla 50 mL'lik santrifüj tüplerinin darası alınmış ve içerisine 1 g örnek tartılıp üzerine 10 mL saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım 1 sa süresince her 15 dk'da bir 5 sn vortexlenmiştir. 1 sa sonunda 5000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Saydam üst kısmın ayrılması için santrifüj tüpü 45º'lik açı ile 30 dk boyunca filtre kağdı üzerinde süzdürülmüş ve tartım alınmıştır. Nar çekirdeği protein tozunun su tutma kapasitesi (%) Eşitlik 3.3.'teki gibi hesaplanmıştır (Cho ve ark., 2004).

$$\text{STK (\%)} = \frac{(N3-N2)-N1}{N1} \text{ x } 100 \qquad (3.3)$$

Bu eşitlikte;
N1: Protein tozu örneğinin ağırlığı (g)
N2: Santrifüj tüpünün darası (g)
N3: Son tartım (g) olarak tanımlanmıştır.

3.2.4.7. Yağ bağlama kapasitesi

Yağ bağlama kapasitesi (YBK) STK analizine benzer biçimde yapılmıştır. 50 mL 'lik santrifüj tüpüne 1 g protein tozu örneği tartılıp üzerine 10 mL ayçiçek yağı ilave edilmiştir. Elde edilen çözelti 1 sa boyunca her 15 dk'da bir 5 sn vortex ile karıştırılmıştır. 1 sa sonunda 5000 rpm'de 10 dk santrifüjlenmiştir. Saydam üst kısmın ayrılması için santrifüj tüpü 45º'lik açı ile 30 dk boyunca filtre kağıdı üzerinde

süzdürülmüş ve tartım not alınmıştır. NÇP'nin yağ bağlama kapasitesi (%) hesaplaması Eşitlik 3.4.'te verilmiştir (Cho ve ark., 2004).

$$\text{YBK (\%)} = \frac{(N3-N2)-N1}{N1} \text{ x } 100 \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

N1: Protein tozu örneğinin ağırlığı (g)

N2: Santrifüj tüpünün darası (g)

N3: Son tartım (g) olarak verilmiştir.

3.2.4.9. Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi

Dondurarak kurutulmuş protein tozu örnekleri ve saf su ile %1'lik çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltiler 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 ve 12.0 olmak üzere 6 farklı pH değerine ayarlanmış ve 60°C'de su banyosunda çözündürülmüştür. Hazırlanan protein çözeltileri manyetik karıştırıcıda 5 dk süre ile karıştırılmıştır. Hemen sonra 250 mL'lik ölçülü silindire aktarılmıştır. Homojenize edilen çözelti ölçülü silindire aktarıldığı an başlangıç olmak üzere (0.dk) 30 ve 60 dk sonra hacimler ölçülerek not alınmıştır. Köpük oluşturma kapasitesi (KOK) ve köpük stabilitesi (KS) aşağıda verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır (Cho ve ark., 2004).

$$\text{KOK (\%)} = \frac{ÇH0-ÇH}{ÇH} \text{ x } 100 \quad (3.5)$$

$$\text{KS30 (\%)} = \frac{ÇH30-ÇH0}{ÇH} \text{ x } 100 \quad (3.6)$$

$$\text{KS60 (\%)} = \frac{ÇH60-ÇH0}{ÇH} \text{ x } 100 \quad (3.7)$$

Bu eşitlikte;

ÇH: Başlangıçta hazırlanan çözelti hacmi (mL)

ÇH0: homojenizasyondan hemen sonra ölçülü silindire aktarılan çözelti hacmi (mL)

ÇH30: Homojenizasyondan 30 dk sonraki çözelti hacmi (mL)
ÇH60: Homojenizasyondan 60 dk sonraki çözelti hacmi (mL)
KS30: 30. dakikada köpük stabilitesi
KS60: 60.dakikada köpük stabilitesi olarak tanımlanmıştır.

3.2.4.10. Amino asit kompozisyonu analizi

NÇP numunesinin amino asit kompozisyonu ve konsantrasyonu Jasem (Sem Laboratuvar Cihazları Pazarlama San ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye) kit kullanım klavuzuna göre LC-MS/MS ile belirlenmiştir. Amino asitlerin elektrosprey iyonizasyonu (ESI) temelli çoklu reaksiyon izleme (MRM) kullanılarak konsantrasyonu tespit edilmiştir. Örnek tüpüne 0.5 g örnek alınmış üzerine 4 mL reaktif-2 eklenerek 24 sa boyunca 110 ºC'de hidrolize edilmiştir. Hidrolize edilen örnekler oda sıcaklığına geldiğinde 5 dk 4000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Kararlı izotop iç standardından 50 µL ve reaktif-1'den 700 µL örneklere eklenmiş, 5 sn vortekslenmiştir. Hazırlanan örneklerden 3 µL alınmış cihazın aminoasit analitik kolonuna beslenmiştir. 150 ºC gaz sıcaklığı, 10 L/dk gaz akışı, 40 psi nebulizer basıncı ve 2000V kapiler voltaj parametreleri kütle dedektöründe ayarlanmıştır (Cansu, 2019).

3.2.4.11. Mikroenkapsülasyon verimi

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrokapsüller ürün toplama haznesinde birikmiştir. Ürün verimi Eşitlik 3.8.'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{MV}\ (\%) = \frac{\text{UM}}{\text{EKM}}\ \text{x}\ 100 \qquad (3.8)$$

Bu eşitlikte;
MV: Mikroenkapsülasyon verimi (%)
UM: Ürün miktarı (g)
EKM: Emülsiyondaki kuru madde miktarı (g) olarak verilmiştir.

3.2.4.12. Yüzey yağ miktarı ve mikroenkapsülasyon etkinliğinin belirlenmesi

Yüzey yağ miktarını belirlemek için behere 0.5 g örnek tartılmıştır. 5 mL petrol eteri içerisinde 4 dk boyunca karıştırılmıştır. Sonrasında 14-18 mikrometre (µm) gözenek çapına sahip filtre kâğıdından (Filter-Lab 1240) önceden darası alınmış petri kaplarına süzülmüştür. Filtre kâğıdındaki kalan kalıntı tekrardan 5 mL petrol eteri ile 4 dk süresince karıştırılmış ardından petri kaplarına süzülmüştür. Petri kaplarındaki 70^{o}C sıcaklıktaki etüvde petrol eteri 30 dk bekletilerek uçurulmuştur. Süre sonunda petri kabı desikatöre alınmış sabit tartıma geldiğinde tartılmıştır. Yüzey yağ miktarı hesaplanıp kaydedilmiştir.

Mikroenkapsülasyon işlemi sonrasında elde edilen mikrokapsül numunelerindeki yağ miktarı dışında kalan yağın, toplam yağa oranlanmasıyla mikroenkapsülasyon etkinliği hesaplanmıştır (Eşitlik 3.9.). Eşitlikteki başlangıçta taşıyıcı madde miktarına göre ilave edilen yağa toplam yağ miktarının eşit olduğu varsayılmıştır (Tonon ve ark., 2011).

$$ME\ (\%) = \frac{TOM - YYM}{SYM}\ x\ 100 \qquad (3.9)$$

Eşitlikte;
ME: Mikroenkapsülasyon etkinliği (%)
TOM: Toplam yağ miktarı (g)
SYM: Yüzey yağ miktarı (g) olarak tanımlanmıştır.

3.2.4.13. Islanabilirlik

Elde edilen mikrokapsüllerden ıslanabilirlik değerini belirlemek amacıyla 1'er g tartılmış ve 100 mL, 20 °C su yüzeyinden kaybolma süreleri tutulup değerler not edilmiştir (Turchiuli ve ark., 2005).

3.2.4.14. Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu

Bir toz numunesinin yoğunluğu genel olarak küme yoğunluğu olarak ifade edilmektedir. Partikül hacmini ve por hacmini kapsamaktadır. Küme yoğunluğu bir toz örneğinin kapta kapladığı hacimden yararlanılarak bulunmaktadır. 5 g örnek 25 mL'lik mezüre boşaltılmasından hemen sonra ölçülmektedir. Bağıl olarak gevşek bir yapı oluşmaktadır (Tatar ve ark., 2014). Küme yoğunluğu toz örneğin ağırlığının, hacmine bölünmesi ile elde edilmektedir (Eşitlik 3.10.).

$$d = \frac{m}{v} \tag{3.10}$$

Bu eşitlikte;
d: Küme yoğunluğu (g/ml)
m: Tartılan tozun kütlesi (g)
v: Tozun hacmi (ml) olarak tanımlanmıştır.

Mezür düz bir zemin üzerinde el ile 200 defa vurulur ve boşlukların dolması sağlanmaktadır. Daha sonra toz örneğin hacmi mezür üzerinden okunmaktadır. Toz kümenin hacmi vurma sayısı ile orantılı şekilde azalmaktadır. Partiküller arası boşluklar tamamen dolunca hacim azalması sabit noktaya gelmektedir ve durmaktadır. Sıkıştırılmış yığın tozun ağırlığının sıkıştırılmış hacmine oranlanması ile bu değer hesaplanmaktadır (Eşitlik 3.11.).

$$\text{Sıkıştırılmış yoğunluk} = \frac{\text{Tozun Ağırlığı (g)}}{\text{Sıkıştırılmış Hacim (ml)}} \tag{3.11}$$

3.2.4.15. Hausner oranı ve carr indeksi

Tozların yığın yoğunluğu ile sıkıştırılmış yoğunluklarının birbiri ile olan oranına Hausner oranı denmektedir. Bu parametre toz kütlesinin sıkışabilmesi ile ilgilidir ve fitotablet teknolojisinde önemli parametredir. Toz örneklerin Hausner oranı 1.25'den az olduğu zaman iyi bir akış özelliği göstediği, 1.25'den yüksek olduğu zaman ise

düşük bir akış özelliği gösterdiğini Davîes (2004), yaptığı bir çalışmada belirlemiştir. Kohezif tozlarda bu değer 1.6'dır (Eşitlik 3.12.).

$$\text{Hausner Oranı} = \frac{\text{Sıkıştırılmıs Yoğunluk}}{\text{Yığın Yoğunluğu}} \quad (3.12)$$

Toz örneklerin akış özelliği Carr basılabilirlik (Çizelge 3.1.) indeksiyle ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir (Calafato ve Pico, 2004). Carr indeksi aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmıştır (Eşitlik 3.13.).

$$\text{Carr İndeks} = \frac{\text{Sıkıştırılmıs yoğunluk} - \text{Yığın Yoğunluğu}}{\text{Sıkıştırılmış Yoğunluk}} \text{ x } 100 \quad (3.13)$$

Çizelge 3.1. Carr indeks, hausner oranı ve akışkanlık ilişkisi

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≥

3.2.4.16. Parçacık boyutu analizi

NÇP ile kaplanan NÇY mikrokapsüllerinde, parçacık boyutu analizi lazer kırınım prensibi ile çalışan (Fuchs ve ark., 2006) parçacık boyut analiz cihazının toz modülü (Malvern, Mastersizer 2000SR) ile belirlenmiştir. Örnek, saf suyla yayılarak Master Sizer sistemi kullanılmış tanecik boyutu analizi yapılmıştır. Ölçüm sonuçları cihazın yazılımı olan Malvern Application Ver. 5.60 ile d(0.1), d(0.5) ve d(0.9) değeri (μm) olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.17. Taramalı elektron mikroskopisi (SEM)

Partikül gözenekleri ve partikül yapılarının incelenmesi amacıyla mikrokapsül numuneleri taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenmiştir. Mikrokapsül numuneleri daha net bir şekilde görüntü elde etmek için poladyum ile kaplanmış,

yüksek vakum altında 30 kV'da x5000 büyütmeyle çalışan taramalı elektron mikroskobu (ZEİSS, Almanya) ile SEM görüntüleri elde edilmiştir.

3.2.4.18. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopisi (FTIR)

Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) ile mikrokapsüllerin bağ pozisyonları, bağ yapıları ve amino gurupları belirlenmiştir. Mikrokapsül örneklerini potasyum bromürle hazırlanmış sonra FTIR spekrofotometresi (IRTracer-100, Shidmadzu Corforation, Kyota, Japan) ile örneklerin spektrumları 4000 ile 400 cm^{-1} bölgede ve 1 cm^{-1} veri aralığı kullanılarak oda sıcaklığında belirlenmiştir.

3.2.4.19. Termal analizler (TGA, DTG, DTA)

Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen mikrokapsüllerin Thermogravimetric Analyzer DTG-60H (Shidmadzu Corporation, Kyoto, Japonya) cihazı ile termal özellikleri belirlenmiştir. Analizde mikrokapsül numuneleri 5 mg kullanılmış ve azot atmosferinde 10 °C / dk'da 30°C ile 600°C'ye ısıtılmıştır.

3.2.4.20. Diferansiyel tarama kolorimetri (DSC) analizi

Örneklerin termal özellikleri ölçmek için diferansiyel tarama kolorimetrisi Shimadzu DSC-60 diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) (Shimadzu, Kyoto, Japonya) kullanılmıştır. Bozunma, erime ve kristalleşme gibi geçiş durumları ayrıca reaksiyon tipleri (endotermik veya egzotermik) hakkında veriler sağlanmıştır (Adamu ve ark., 2020). Örnekler 10-15 mg'lık alüminyum kaplara tartılmış ve kapaklar hermetik olarak yerine kapatılmıştır. Referans için boş bir tava kullanılmıştır. Numuneler, nitrojen akışı (0.5 mL/dk) altında 30°C ile 600°C'ye ısıtılmıştır. Makine ekipman programı (TA-60WS), termal verileri çizmek ve analiz etmek için kullanılmıştır (Calligaris ve ark., 2004).

3.2.4.21. Nükleer manyetik rezonans (NMR) analizi

Nükleer manyetik rezonans (NMR) analizi 25°C'de 400 MHz'de çalışan Agilent Spektrometresinde gerçekleştirilmiştir. GA, J, NÇP için solvent olarak döteryum oksit (D_2O), mikrokapsüller ve NÇY için kloroform kullanılmıştır. Çözündürülen örnekler 5 mm NMR tüplerine yerleştirilmiştir. 1 saat boyunca NMR spektrometresine (Agelent) enjekte edilip değerler kaydedilmiştir (Başyiğit ve ark., 2020a)

3.2.4.22. X-ray ışınlarının kırınımı (XRD) analizi

Çekirdek materyali, duvar materyalleri ve kaplanan mikrokapsüllerin yapıları XRD-6000 (Shimadzu, Tokyo, Japan) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Tüm örnekler 40 kV'de 1,54 amstrong (Å), CuKα radyasyon dalga boyunda ve 0,02 'lik artışlarla 5° ile 60° açılar arasında analiz edilmiştir. XRD numunelerin nano boyutu aşağıdaki Scherrer's eşitliği (FWHM kullanılarak) (Eşitlik 3.14.) ile hesaplanmıştır.

$$D = \frac{K*\lambda}{\beta*\cos\theta} \quad (3.14)$$

Bu eşitlikte;
D: Nano örnek boyutu
K: Sayısal sabit (0.941)
λ: X-ray dalga boyu (1.54 nm)
β: FWHM (pikin yarı maksimumun tam genişliği) olarak tanımlanmıştır.

Bütün toz örneklerin yapısal değişimi kristalite değeri belirlenerek incelenmiştir. Kristalite hesabı Eşitlik 3.15.'ya göre hesaplanmıştır (Zhang ve ark., 2009).

$$\text{Kristalite (\%)} = \frac{Ac}{Ac+Aa} * 100 \quad (3.15)$$

Bu eşitlikte;

A_c: Kristal pik alanı

A_a: Amorf pik alanı olarak verilmiştir.

3.2.4.23. Oksidasyon stabilitesi (peroksit tayini)

Kaplama materyallerinin NÇY üzerindeki koruyucu etkisini izlemek için peroksit tayini yapılmıştır. Örnekler 10 gün 60°C'de bekletilmiş ve peroksit değerleri peroksit analizi ile belirlenmiştir. Bunun için 1 g NÇY erlende tartılmıştır. Üzerine 10 mL kloroform eklenip çalkalanarak yağ çözdürülmüştür. 15 mL asetik asit ve 1 mL doygun potasyum iyodür (PI) sırasıyla eklenmiş ve ağzı kapatılarak 1 dk hafifçe çalkalanmıştır. Erlen 5-10 dk karanlık bir yerde bekletilmiştir. Süre sonunda 75 mL saf su ve 1 mL %1'lik nişasta çözeltiye ilave edilmiş, sodyum tiyosülfat ($Na_2S_2O_3$) ile titre edilmiştir. Peroksit sayısı aşağıdaki Eşitlik 3.16. ile hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\text{Peroksit Sayısı (meq } O_2\text{/kg)} = \frac{(a-b)*N*1000}{m} \quad (3.16)$$

Bu eşitlikte;

a: Titrasyonda sarf edilen $Na_2S_2O_3$ miktarı (mL)

b: Titrasyondsa kör deneme için harcanan $Na_2S_2O_3$ miktarı (mL)

N: $Na_2S_2O_3$ çözeltisinin normalitesi (N)

m: Tartılan örnek miktarı (g) olarak tanımlanmıştır.

3.2.4.24. İstatistiksel analiz

Analizlerin tümü en az 2 paralel şeklinde yapılmıştır. Çoklu gruplarındaki ortalamalar arası farklar Tukey HSD ile belirlenmiştir. Hesaplamalarda $p<0.05$ anlamlı olarak kabul edilmiştir. Deneysel verilerin arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla istatistik çalışmalarda 22.0 SPSS (SPSS Inc., Chicago, USA) paket programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Nar Çekirdeği

Nar çekirdekleri Şanlıurfa'da faaliyet gösteren Biogap Gıda İlaç ve Tarım işletmesinden temin edilmiştir. Çizelge 4.1.'de nar çekirdeğinin kompozisyonu gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Nar çekirdeğinin biyokimyasal kompozisyonu (%)

	Protein (Nx6.25)	**Yağ**	**Karbonhidrat**	**Ham kül**	**Nem**
Nar çekirdeği	11.03	19.75	61.81	1.70	5.71

Jalal ve ark. (2018), nar çekirdeğinin biyokimyasal yapısını incelemişler %13.67 protein, %29.6 yağ, %1.46 kül ve %5.81 nem içerdiğini bulmuşlardır. Kompozisyon oranlarındaki kısmi farklılığın narın cinsinden ve yetiştirildiği iklim koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Nar Çekirdeği Yağı

Temin edilen nar çekirdeklerinin soğuk pres yöntemi ile yağı alınmıştır. Mikroenkapsülasyon işleminin çekirdek maddesi olarak kullanılacak nar çekirdeği yağı (NÇY) için 9.5 kg nar çekirdeği kullanılmıştır. Nar çekirdeklerinden %5.25 verimle 0.5 L NÇY elde edilmiştir. Mikroenkapsülasyon işlemine kadar elde edilen yağ (Şekil 4.1.) +4°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 4.1. Soğuk pres ile elde edilmiş nar çekirdeği yağı

Kullanılan NÇY'nin fizikokimyasal özellikleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Nar çekirdeği yağının fizikokimyasal özellikleri

Fizikokimyasal Özellikler	**Değerler**
Peroksit (mEq O_2/kg)	2.75±0.10
Iyot sayısı (g iyot/100 g)	80.18±0.12
Sabunlaşma sayısı (mg KOH/ g)	198.04±1.98
Kırılma indisi	1.51±0.02
pH	5.11±0.02
L*	25.15±0.30
a*	5.13±0.32
b*	6.95±0.61
Toplam fenolik (mg GAE/kg)	97.61±0.07
Toplam flavonoid (mg Qe/kg)	1.43±0.05
Serbest yağ asiti (% oleik asit)	0.85±0.01

4.3. Nar Çekirdeği Protein Tozu

NÇY'nin elde edilmesinden sonra atık olarak ortaya çıkan posadan protein ekstraksiyonu yapılmıştır. Dondurarak kurutma yöntemi kullanılarak kurutulmuş ve nar çekirdeği protein tozu (NÇP) elde edilmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Nar çekirdeği protein tozu

Çizelge 4.3.'de NÇP'nin fiziksel ve fonksiyonel özellikleri verilmiştir. Ekstraksiyon verimi %9.44 bulunmuştur ve Çizelge 4.1.'deki protein oranına yaklaşık değer göstermiştir.

Çizelge 4.3. Nar çekirdeği protein tozunun fiziksel ve fonksiyonel özellikleri

Özellikler	**Değerler**
Ekstraksiyon verimi (%)	9.44±0.64
Nem miktarı (%)	3.99±1.19
Su aktivitesi (a_w)	0.253±0.01
L	49.28±0.01
a*	5.62±0.05
b*	16.97±0.07
STK (%)	236.74±4.52
YBK (%)	299.35±5.03

Örneklerdeki aydınlık değeri (L*), mevcut pigmentlerin konsantrasyonu, türü, su içeriği ve yüzey suyu ile ilişkilendirilmektedir (Jalal ve ark., 2018). NÇP bu değer için 49.28±0.01 değerini göstermiştir (Çizelge 4.3). Kırmızı-yeşil değerlerini veren kırmızılık (a*) NÇP'de 5.62±0.05 olarak bulunmuştur; bu değer lifin yapısal bütünlüğünden ve pigment içeriğinden ve dağılımdan etkilenmektedir (Fernandez-Lopez ve ark., 2009). Sarı-mavi değerlerini veren sarılık (b*), NÇP örnekleri için 16.97±0.07 tespit edilmiştir.

STK ve YBK, proteinlerin emülsifikasyon kapasitesini değerlendirmek için önemli parametrelerdir (Ren ve ark., 2019). Dondurarak kurutulmuş NÇP'nin STK %236.74 bulunmuştur (Çizelge 4.3.). Örnek ağırlığının yaklaşık 2.4 katı kadar su tutma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. NÇP'nin YBK ise su tutma kapsitesine oranla daha yüksek bulunmuştur (2.99). Tartılan örneğin yaklaşık 3 katı kadar yağ bağlama kapasitesine sahiptir. Yüksek STK ve YBK kapasitesine sahip proteinler gıda sanayinde kıvam ve viskozite gibi istenilen özellikleri sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar (Makeri ve ark., 2017; Shevkani ve ark., 2015). NÇP ile literatürde yer alan bir çalışmada örnek ağırlığının 4.45 katı STK ve 5.81 katı kadar YBK bulunmuştur (Jalal ve ark., 2018). Bu farkın narın cinsi ve protein kurutma farklılığı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Sonuçlar Gündoğan ve Karacan'ın (2020) fasülye proteini üzerinde yaptıkları benzer çalışmaya paralellik göstermiştir.

Çizelge 4.4. Nar çekirdeği protein tozunun pH değişimine göre köpük oluştırma kapasitesi (KOK) ve köpük stabilitesi (KS) değerleri[1]

pH	KOK(%)	KS30(%)	KS60(%)
2.0	80 ± 0.00^{b}	62 ± 2.83^{b}	19 ± 1.41^{b}
4.0	-	-	-
6.0	60 ± 0.00^{c}	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
8.0	68 ± 2.83^{bc}	47.5 ± 3.54^{b}	30 ± 0.00^{b}
10.0	100 ± 0.00^{a}	81 ± 1.41^{a}	30 ± 0.00^{b}
12.0	95 ± 5.00^{a}	86 ± 8.49^{a}	74 ± 8.49^{a}

[1]Tukey HSD testine göre aynı sütundaki farklı harfler ilgili değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu, aynı sütundaki aynı harfler ilgili değerlerin istatistiksel olarak aynı olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

Proteinler yüksek çözünürlük, yüksek yüzey yükü ve mükemmel hidrofilik-hidrofobik aminoasit dengesi varlığında yüksek köpük kapasitesi göstermektedirler (Lafarga ve ark., 2018; Shevkani ve ark., 2015). Çizelge 4.4.'te NÇP'nin pH değişimine göre %KOK, %KS30 ve %KS60 değerleri yer almaktadır. pH değerinin 2.0 olduğu noktada köpük oluşum kapasitesinin %80, 30.dk'da köpük stabilitesinin %62 ve 60.dakikada köpük stabilitesinin %19 olduğu tespit edilmiştir. pH 4.0'te ise köpük oluşumu gözlemlenmemiştir. Bunun nedeninin bu pH değer aralığının proteinlerin izoelektirik noktası olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. pH 6.0 değerinde köpük oluşum kapasitesi %60 iken 30 ve 60.dakikada köpük stabilitesi gözlemlenmemiştir. pH 8.0 noktasında köpük oluşum kapasitesi %68 olarak tespit

edilmiştir. 30.dakikada köpük stabilitesi %47.5 ve 60.dakikada köpük stabilitesi %30 olduğu görülmüştür. pH 10.0 değerinde köpük oluşturma kapasitesinin %100 olduğu, 30.dakikada köpük stabilitesinin %81 ve 60.dakikada köpük stabilitesinin %74 olduğu tespit edilmiştir. pH 12.0 'de köpük oluşum kapasitesi %95 olarak tespit edilirken; 30.dakikada köpük stabilitesi %86 ve 60.dakikada köpük stabilitesi %74 olduğu görülmüştür. Çalışma sonuçları fasülye proteini üzerinde yaptılan (Gündoğan ve Karaca, 2020) bir çalışma ile benzerlik göstermiştir.

Tüm bu veriler doğrultusunda NÇP'nin köpük oluşturma kapasitesilerinin izoelektirik pH'dan uzaklaştıkça suda çözünmenin de yükselmesiyle doğru orantılı olarak arttığını söylemek mümkündür. En fazla köpük oluşturma kapasitesi sırasıyla pH 10.0 ve pH 12.0'de gözlemlenmiştir. Köpük stabilitesinin 30 ve 60.dk'larda en yüksek olduğu değerler ise pH 12 noktasında yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Nar çekirdeği protein tozunun aminoasit kompozisyonu

Aminoasit	**% Kompozisyon**	**Aminoasit**	**% Kompozisyon**
Esansiyel Aminoasitler		**Esansiyel Olmayan Aminoasitler**	
Arjinin	9.04	Alanin	6.98
Histidin	1.15	Asparjin (Asn)	0.12
Hidroksilösin	0.01	Aspartat (Asp)	6.94
İzolösin	2.62	Sitrulin	0.10
Lösin	7.70	Sistein	1.10
Lisin	1.57	Glutamik asit	19.07
Metiyonin	1.76	Glutamin	1.02
Fenilalanin	3.73	Glisin	10.96
Treonin	7.04	Hidroksiprolin	0.21
Triptofan	0.02	Prolin	5.43
Valin	3.83	Serin	6.70
Toplam	**38.47**	Tirozin	2.90
		Toplam	**61.53**

NÇP'nin aminoasit kompozisyonu Çizelge 4.5.'te verilmiştir. NÇP esansiyel aminoasitlerden sırasıyla en fazla arjinin (%9.04), lösin (%7.70), ve treonin (%7.04) içermektedir. Toplamda ise esansiyel aminoasit miktarı %38.47 olarak 11 adet aminoasit tespit edilmiştir. Esansiyel olmayan aminoasit kompozisyonuna bakıldığında sırasıyla glutamik asit (%19.07), glisin (%10.96) ve alanin (%6.98)

olduğu ve toplamda 12 adet aminoasit olduğu görülmektedir. Toplam esansiyel olmayan aminoasit miktarının ise %61.53 olduğu belirlenmiştir. Lösin, kas protein sentezini aktifleştirerek kas yıkımını önlemekterdir. Ayrıca tip-2 diyabet insanlarda glisemik kontrolü geliştirmektedir (Yang ve ark., 2010). Talekar ve ark. (2018), nar çekirdeği proteini üzerinde araştırma yapmışlar; esansiyel aminoasitlerden %12.17 lösin ve %4.48 valin; ayrıca esansiyel olmayan aminoasitlerden % 20.78 glutamik asit ve % 7.16 alanin olduğunu nar çekirdeği proteinlerinde tespit etmişlerdir. Ayrıca nar çekirdeği proteinlerinin biyolojik değerinin (88.5), tüketilen proteinin ne kadar vücuda dahil edileceğinin bir tahmini (Hoffman ve Falvo, 2004), peynir altı suyu (94) ve tavuk yumurtası proteinine (94.4) benzer; soya (78.7) ve tavuk eti proteininden (77.6) daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

4.5. Mikrokapsüle Nar Çekirdeği Yağının Fizikokimyasal Analizleri

Çizelge 4.6.'da mikrokapsüller için mikroenkapsülasyon verimi değerleri verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi en yüksek verime sığır jelatini (J) ile kaplanan NÇY mikrokapsülleri (JM) sahiptir. En düşük verime ise gam arabik (GA) ile kaplanan NÇY mikrokapsülerinin (GAM) sahip olduğu görülmektedir. NÇP ile kaplanan NÇY mikrokapsülleri (NÇPM), GAM ve JM'nin verim değerlerinin arasında yer almaktadır.

Çizelge 4.6. Nar çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin fizikokimyasal analizleri-1[1]

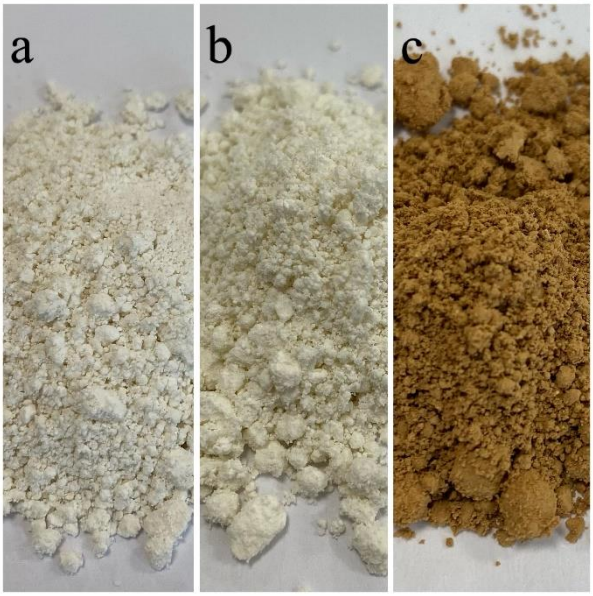
	Mikroenkapsülasyon verimi (%)	**Mikroenkapsülasyon etkinliği (%)**	**Renk**		
			L*	**a***	**b***
GAM	24.07±0.26^{c}	88.90±1.70^{a}	87.48±0.02^{b}	0.13±0.02^{b}	5.35±0.01^{c}
JM	41.04±1.08^{a}	81.36±2.16^{b}	91.25±0.01^{a}	0.19±0.00^{b}	8.86±0.03^{b}
NÇPM	36.48±2.94^{b}	87.74±2.15^{ab}	56.61±0.01^{c}	8.57±0.42^{a}	24.03±0.06^{a}

GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri
[1]Tukey HSD testine göre aynı sütundaki farklı harfler ilgili değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu, aynı sütundaki aynı harfleer ilgili değerlerin istatistiksel olarak aynı olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

Bazı çalışmalarda toplam yağ analizi yapılmadan emülsiyonda bulunan yağ oranı kabul edilerek mikroenkapsülasyon etkinliği hesaplanmaktadır. Bu nedenle etkinlik değerleri daha yüksek bulunmaktadır (Tonon ve ark., 2011). Yüzey yağ miktarından mikroenkapsülasyon işleminde kaplama maddelerinin etkinliği

belirlenmektedir. Yağ çekirdek maddelerinin mikroenkapsülasyonunda özellikle peroksit değerleri mikrokapsüllerdeki yüzey yağ miktarını doğrudan etkilediği için yüzey yağ miktarı büyük bir önem arz etmektedir (Çevik, 2017). Bu çalışmada mikroenkapsülasyon etkinliği mikrokapsüllerin üretiminden sonra yapılmıştır. Mikroenkapsülasyon etkinliği için Çizege 4.6.'ya bakıldığında GAM'ın %88.90 ile en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. JM'nin %81.36 ile en düşük, NÇPM %87.74 değeri ile GAM ve JM 'nin etkinlik değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. 2019 yılında Şengün'ün yaptığı çalışmada maltodekstrin ve GA birlikte kaplama materyali olarak kullanılmış, püskürtmeli kurutucu ile biber çekirdeği yağı kapsüllenmiştir. Mikroenkapsülasyon etkinlik değerini %82.75 olarak tespit etmiştir. Kaushik ve ark. (2016), püskürtmeli kurutucu ile elde edilen keten tohumu yağı örneklerinde mikroenkapsülasyon etkinliğini %87.6 olarak belirlemişlerdir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde bu çalışmada elde edilen sonuçların kabul edilebilir seviyede olduğunu söylenebilmektedir.

Mikrokapsüllerin renk özelliklerini belirlemek için Hunter Lab cihazı kullanılmıştır. Mikroenkapsülasyon işlemi yapıldıktan sonra L*, a* ve b* değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.6.'da yer almaktadır. Şekil 4.3.'te ise mikrokapsül görüntüleri sunulmuştur. Beyaza en yakın olan GAM kapsülleri olurken, NÇP renginden kaynaklı olarak NÇPM kapsülleri kahverengi renklidir.



Şekil 4.3. Elde edilen mikrokapsüllerin görüntüleri

a: Gam arabik ile kaplanmış nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, b: Sığır jelatini ile kaplanmış nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, c: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanmış nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

Mikrokapsüllerin nem değerleri de diğer analizler gibi kurutma sıcaklığı, duvar materyali ve besleme oranı gibi birçok etkenden etkilenmektedir (Koç ve ark., 2015; Fernandes ve ark., 2013). Çizelge 4.7.'de mikrokapsüllerin nem değerleri gösterilmiştir. Verilen çizelgede nem değerlerine bakıldığında GAM, JM ve NÇPM'nin yaklaşık %0.9 ile %1.9 arasında değiştiği saptanmıştır.

Çizelge 4.7. Nar çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin fizikokimyasal analizleri-2[1]

	Nem (%)	**a_w**	**Islanabilirlik(sn)**	**Akışkanlık**	
				Carr Index (CI)	**Hausner oranı (Hr)**
GAM	1.79±0.44^{b}	0.28±0.01^{b}	339±4.91^{a}	27.93±1.02^{a}	1.38±0.02^{a}
JM	1.93±0.02^{a}	0.35±0.01^{a}	210±4.55^{b}	28.12±3.30^{a}	1.39±0.06^{a}
NÇPM	0.91±0.01^{c}	0.23±0.02^{c}	21±3.74^{c}	31.63±1.67^{a}	1.46±0.04^{a}

GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

[1]Tukey HSD testine göre aynı sütundaki farklı harfler ilgili değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu, aynı sütundaki aynı harfler ilgili değerlerin istatistiksel olarak aynı olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

Nem ve su aktivitesi (a_w) farklı indeksler olarak literatürde yer almaktadır. Nem gıdalarda yer alan toplam suyu % cinsinden temsil etmektedir; a_w ise gıdalarda biyokimyasal reaksiyonlardan sorumlu olan serbest su olarak tanımlanmaktadır (Quek ve ark., 2007). Su aktivitesi değerinin yüksek olması biyokimyasal reaksiyonlar için

kullanılabilir serbest suyun yüksek olması anlamına gelir ve bu da gıdaların raf ömrünü etkilemektedir (Vardin ve Yaşar, 2012). Çizelge 4.7.'de mikrokapsül örneklerinin su aktivitesi değerleri verilmiştir. Değerler mikroenkapsülasyon işleminden sonra ölçülmüştür. Kaushik ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptığı çalışmada a_w değerlerini 0.241 bulmuşlardır. Şengün (2019) yaptığı çalışmada a_w değerlerini 0.142 olarak rapor etmiştir.

Islanabilirlik analizini mikrokapsüllerin su emme kabiliyeti olarak tanımlamak mümkündür. Burada önemli olan mikrokapsül örneklerinin yüzeyi ve yüzeye temas eden su olmaktadır (Gaiani ve ark., 2007; Freudig ve ark., 1999; Singh ve Newstead, 1992). Yüzeyde yağlar gibi hidrofobik yapılar mevcut ise bu değer düşük, laktoz gibi hidroskopik yapılar mevcut ise yüksektir (Fäldt ve Bergenståhl, 1996). Mikrokapsül örneklerinin ıslanabilirlik değerleri saniye (sn) cinsinden ifade edilmiştir (Çizelge 4.7.). NÇPM 21 sn ile en kısa ıslanabilirlik süresine sahip örnektir. Diğer kapsüllerden bu denli farklı olması NÇP'nin su tutma kapasitesinin yüksek olması düşünülmektedir. Başyiğit 2017 yılında yaptığı meyan kökü instant çay üretiminde mikrokapsüllerin ıslanabilirlik değerini 210 sn, Fernandes ve ark 2013 yılında yaptıkları biberiye uçucu yağının mikrokapsüllerinin ıslanabilirlik değerini 217 sn bulmuşlardır. Kaydedilen sonuçlar diğer yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında GAM ve JM ile benzer sonuçlar olduğu belirlenmiştir.

Carr index ve hausner oranı mikrokapsül örneklerinin yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler mikrokapsül örneklerinin akışkanlıkları hakkında bilgi vermektedir. Carr, 1965 yılında yaptığı çalışmada toz ürünlerin yığın yoğunluklarını ve sıkıştırılmış yığın yoğunluklarını kullanarak 'Carr Index (CI)' değerleri belirlemiştir. Bu değerlere göre CI 32-37 arasında olduğunda akışkanlık çok zayıf, 38'den büyük olduğunda ise akışkanlık çok kötü olarak tanımlanmıştır. Carr indeks ve hausner oranı ile mikrokapsül örneklerinin akışkanlıkları arasında negatif bir korelasyon yer almaktadır. Bu değerlerin azalmasına bağlı olarak akışkanlık artmaktadır (Başyiğit ve Çam, 2017). Çizelge 4.7.'de mikrokapsül örneklerinin carr index ve hausner oranları yer almaktadır. Çizelgedeki tüm mikrokapsül örneklerinin carr index ve hausner oranı

değerleri değerlendirildiğinde akışkanlığın zayıf olduğu söylenebilmektedir. Literatürde benzer prosesler farklı materyaller kullanılarak yapılan çalışmalarda nane uçucu yağında (Başyiğit ve Çam, 2017), meyan kökü instant çay üretiminde (Başyiğit, 2017) ve biber çekirdeği yağında (Şengün, 2019) benzer sonuçlar olduğu görülmüştür.

4.4. Enstrümental Analizler

4.4.1. Parçacık boyutu analizi

Farklı duvar materyalleri kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin parçacık büyüklüğü dağılımı d(0.1), d(0.5) ve d(0.9) değeri (µm) kullanılarak hesaplanmıştır. Parçacık boyutu analizinden elde edilen veriler Şekil 4.4.'te verilmiştir. GA, J ve NÇP ile kaplanan NÇY mikrokapsüllerinin partikül boyut dağılımı üzerine önemli bir etki göstermiştir.

Çizelge 4.8. Mikrokapsüllerin nanoboyutları (µm)

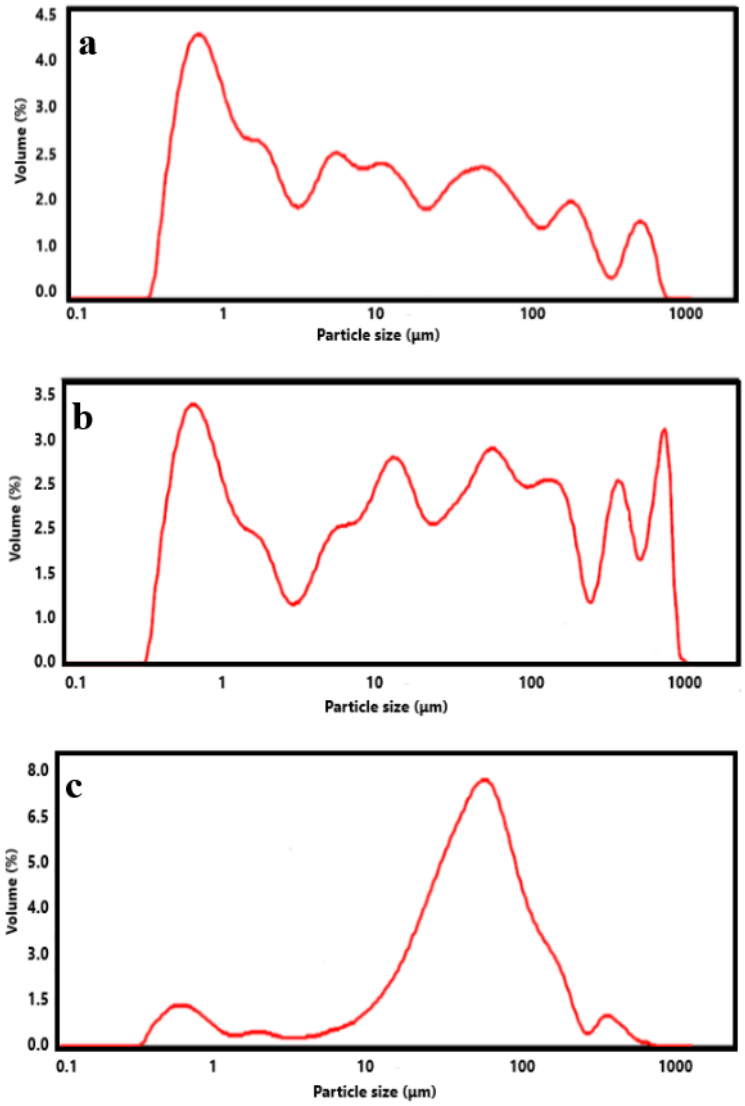
	%10	%90	D32 (ağırlıklı yüzey ortalaması)	D43 (hacim ortalama çap)
GAM	0.64	151.79	6.95	49.91
JM	0.71	380.21	2.67	106.11
NÇPM	6.31	124.20	1.94	49.75

GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

GAM, JM ve NÇPM'nin %10'u sırasıyla 0.64, 0.71 ve 6.31 µm'den daha küçük parçacık boyutuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yüzde 90'ı ise sırasıyla 151.79, 380.21 ve 124.20 µm'den daha küçük olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8.).

Ayrıca en yüksek D32(ağırlıklı yüzey ortalaması) NÇPM'de 6.95 µm, JM'de 2.67 µm ve GAM'da 1.94 µm olarak bulunmuştur. D43 (hacim ortalama çap) verilerinin ise GAM için 49.91 µm, GM için 106.11 µm ve NÇPM için 59.75 µm olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8.). Bu farklılıklar NÇY mikrokapsüllerinin heterojen boyut dağılımları ile ilişkilendirilmiştir (Sánchez-Silva, Rodríguez ve Sánchez, 2011). Yapılan bir çalışmada keten tohum yağı GA ve maltodekstrin ile kaplanmış, partikül

boyutları ise 5 µm ve 500 µm arasında bulunmuştur (Carneiro ve ark., 2013). Benzer sonuçlar önceki çalışmalar tarafından da belirlenmiştir (Sánchez ve ark., 2008; Sánchez ve ark., 2007).



Şekil 4.4. Farklı duvar materyalleri kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin parçacık boyutu analiz sonuçları

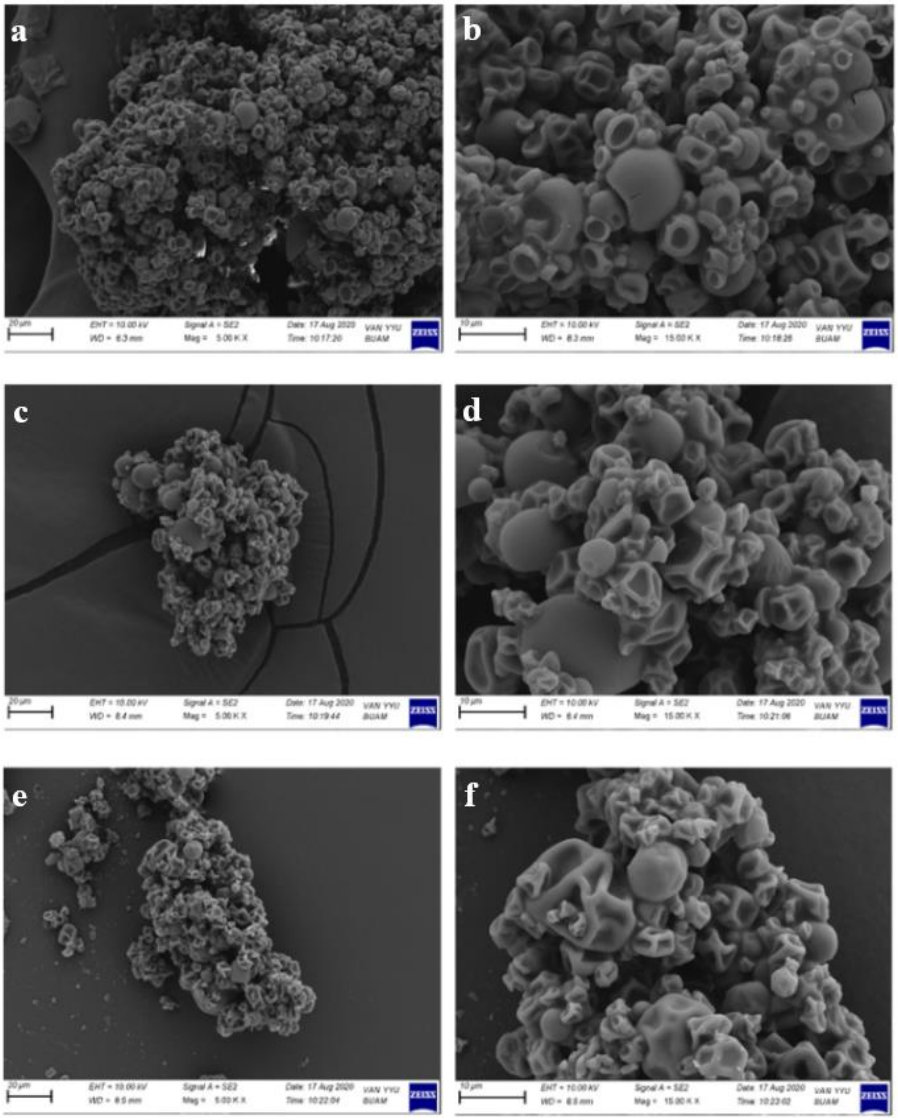
a: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, b: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, c: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

4.4.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

Püskürtmeli kurutucu ile üç farklı duvar materyali kullanılarak kaplanan NÇY mikrokapsüllerinin SEM görüntüleri Şekil 4.5.'te gösterilmiştir. Kurutma işleminin hızı, kurutucu hava giriş sıcaklığı ve hava çıkış sıcaklığı ayrıca partiküllerin yapısı ve gözenekliliği gibi etmenler kurutma işlemi ensasında su tutma kapasitesini belirleyen parametlerdendir (Anker ve Reineccius, 1988; Kneifel ve Seiler, 1993). Mikrokapsül örneklerinin görüntüleri incelendiğinde yüzeylerinde yağ damlacıkları görülmemiştir. Bu da NÇY'nin GA, J ve NÇP içerisinde yeterince hapsolduğunu göstermektedir. Mikrokapsül örneklerinin tümünün yüzeyleri nispeten pürüzsüz, düzensiz ve küresel geometrik bir şekle sahip olduğu görülmektedir. Literatürde püskürtmeli kurutma tekniği kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerde de benzer yapılar gözlemlenmiştir (Carneiro ve ark., 2013; Tonon ve ark., 2011). Bununla beraber aşırı derecede deformasyon ve hava boşluklarının olmadığı belirlenmiş; ancak kısmi çökmeler gözlemlenmiştir.

GA ile elde edilen mikrokapsüllerin protein ile elde edilen mikrokapsüllere kıyasla yüzeylerinde birkaç farklılıklar tespit edilmiştir. JM ve NÇPM'de herhangi bir çatlak veya bozunma gözlemlenmemiştir. GA ile yapılan kaplamada küçük çatlamaların meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.5b). Genel olarak yüksek sıcaklıklarda yüzeyde ani olarak kabuk oluşması ve akabinde mikrokapsül içerisinde hava kabarcığının kalması, onun genişlemesi ve sonrasında da partikül yüzeyini çatlatması ile çatlama olayı meydana gelmektedir (Drusch ve Schwarz, 2006). Çatlamanın meydana gelmemesi duvar materyalinin püskürtmeli kurutma işleminin son aşamasında yaptığı genleşme boyunca iyi viskoelastik özellik gösterdiğini belli etmektedir. Proteinlerle yapılan kaplamalarda bu yapının görülmemesi proteinlerin viskoelastiki yapısıyla ilişkilendirilmiştir (Jafari ve ark., 2008). Proteinlerle kaplanan NÇY, proteinlerin daha gerilebilir özelliklerinden dolayı GAM'a kıyasla çoğunlukla buruşuk yüzey göstermiştir (Millqvist-Fureby ve ark., 2001; Perez-Gago ve ark., 1999). Protein mikrokapsülleri için aynı sonuçlar, literatürde yer alan önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Tang ve Li, 2013; Tonon ve ark., 2011). GA ile yapılan bir çalışmada mikrokapsüllerin yüzeylerinde çökmeler gözlemlendiği bildirilmiştir.

Püskürtmeli kurutma işleminde çökmüş mikrokapsüllerin varolması atomizasyon mekanizmasının olduğuna dayandırılmaktadır; kurutma ve soğuma esnasında patiküller büzülebilmektedir (Vaidya ve ark., 2006).



Şekil 4.5. Farklı duvar materyalleri kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri

[1] a:20 µm Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, b: 10 µm Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, c: 20 µm Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, d: 10 µm Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, e: 20 µm Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, f: 10 µm Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

4.4.3. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopu (FTIR) analizi

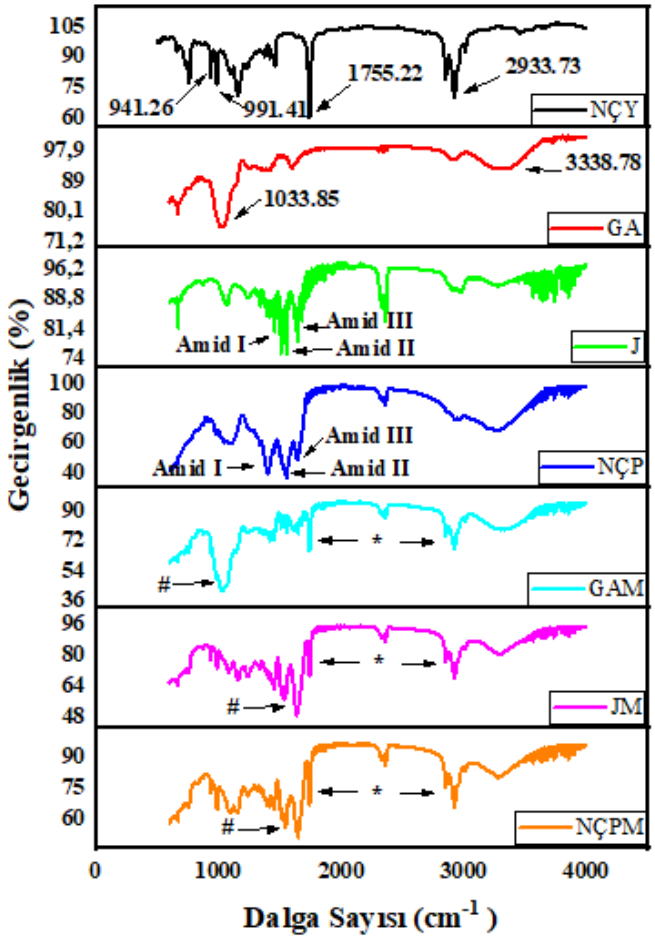
Mikrokapsülasyonda kullanılan duvar materyallerinin (NÇP, GA ve J), NÇY'nin ve püskürtmeli kurutucu duvar materyallerini kullanılarak ayrı ayrı elde edilen NÇY mikrokapsüllerinin molekül türünü doğrulamak için FTIR spektroskopisi analizleri yapılmıştır. Analizlerden önce katı örneklerin su aktivite değerleri yaklaşık 0.1 olarak tespit edilmiştir. Kullanılan materyallerin ve elde edilen mikrokapsüllerin aralarındaki ilişkiyi incelemek için FTIR spektrumları kaydedilmiştir (Şekil 4.6.). Proteinlerinin yapısını, protein-protein ve protein-lipid ilişkilerini ortaya koymak amacıyla elde edilen tarama görüntülerinde protein bileşenlerinin tespiti için amid I (1600-1700 cm^{-1}) gruplarının, amid II (1520-1565 cm^{-1}) ve amid III (~1300 $cm^{-1)}$ gruplarının absorpsiyon yaptığı 1300-1700 cm^{-1} dalga boyu (γ) aralığı seçilmiştir (Pezzei ve ark., 2010; Dufour, 2009). NÇP'de ve J'de yer alan 1300-1700 cm^{-1} dalga boylarında (γ) görülen piklerin amid I, amid II ve amid III gruplarından kaynaklanmakta olduğu anlaşılmaktadır. Bu pikler sırasıyla amid I, amid II ve amid III için J'de 1397.01 cm^{-1}, 1542.01 cm^{-1} ve1683.36 cm^{-1}, NÇP'de, 1394.95 cm^{-}1, 1540.58 cm^{-1} ve 1654.81 cm^{-1} olarak tespit edilmiştir. Duvar materyalinden gelen mikrokapsüllerde görülen piklere duvar materyali parmak izi denilebilmektedir. Ayrıca Şekil 4.6.'da görüldüğü gibi (mikrokapsüle örneklerde # ile gösterilmiştir) NÇY'nin J ve NÇP ile kaplandığı mikrokapsüllerin (JM ve NÇPM) FTIR grafiklerinde de bu parmak izi piklerine rastlanmaktadır.

Kökeni karbonhidrat olan GA örnek spektrumları 3338.78 cm^{-1} dalga boyunda (γ) karakteristik hidroksil (-OH) gruplarının özelliğini göstererek geniş bir -OH gerilme bandı sergilemiştir (Ranjbar-Mohammadi ve ark., 2013). GA ile kapsüllenen NÇY mikrokapsüllerinde de (GAM) gözlemlenen bu germe bandının GA yapısından geldiği görülmektedir. GA'da 1033.85 cm^{-1} dalga boyunda (γ) görülen pik ise C-H gruplarından gelmektedir (Mitic ve ark., 2009). Bu pik noktaları GAM'da da görülmektedir.

Tüm örneklerde az veya çok görülen yaklaşık 2800–3000 cm^{-1} dalga boyundaki pikler (γ) CH_2 gruplarının germe titreşiminden kaynaklanmaktadır (Fadavi ve ark.,

2014). NÇY karakteristik nedeniyle daha geniş ve belirli absorbans grafiği göstermiştir (2933.73 cm^{-1}). NÇY'nin bu karakteristik özelliğine kaplamalarda da rastlandığı için parmak izi denilebilmektedir. Şekilde (*) ile gösterilmektedir. Tüm kaplamalarda (NPM, GAM ve JM) rahatlıkla gözlemlenebilen bu pikler NÇY'nin kapsüllendiğini belirtmektedir. NÇY 'de 1050–1250 cm^{-1} dalga boyları (γ) arasında görülen pikler C-O bağlarından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.6.'da da belirtildiği gibi 941.26 ve 991.41 cm^{-1} dalga boylarında (γ) oluşan pikler ise punisik asitin (ω-5) içerdiği çift bağlardan kaynaklanmaktadır (Siano ve ark., 2016). NÇY ile ilgili olan bir diğer önemli bant ise trigliserit bandının ester karbonil fonksiyonel grubunun 1755.22 cm^{-1} dalga boyuna (γ) karşılık geldiği tespit edilmiştir. Bu dalga boyundaki pik de NÇY'nin parmak izi olarak görülebilmektedir (Şekilde 4.6.'da * olarak belirtilmiştir).

Mikroenkapsülasyonda kullanılan kaplama materyallerinde (Başyiğit ve ark., 2020a; Karaaslan ve ark., 2021) ve NÇY'de (Siano ve ark., 2016) önceki çalışmalarda bildirildiği gibi benzer pikler görülmüştür. Duvar materyallerinin polimer yapısı püskürterek kurutma sırasında değişmediği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak elde edilen mikrokapsüllerinin (NPM, GAM, JM), kullanılan duvar materyallerinin (GA, J ve NÇP) ve NÇY'nin karakteristik özelliklerinin değişmediği yapılan FTIR spektroskopisi ile elde edilen sonuçlardan açıkça anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6. Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopisi (FTIR) analiz sonuçları

*: Çekirdek materyalinden gelen parmak izi, #: Duvar materyalinden gelen parmak izi
NÇY: Nar çekirdeği yağı, GA: Gam arabik, J: Sığır jelatini, NÇP: Nar çekirdeği protein tozu, GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

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

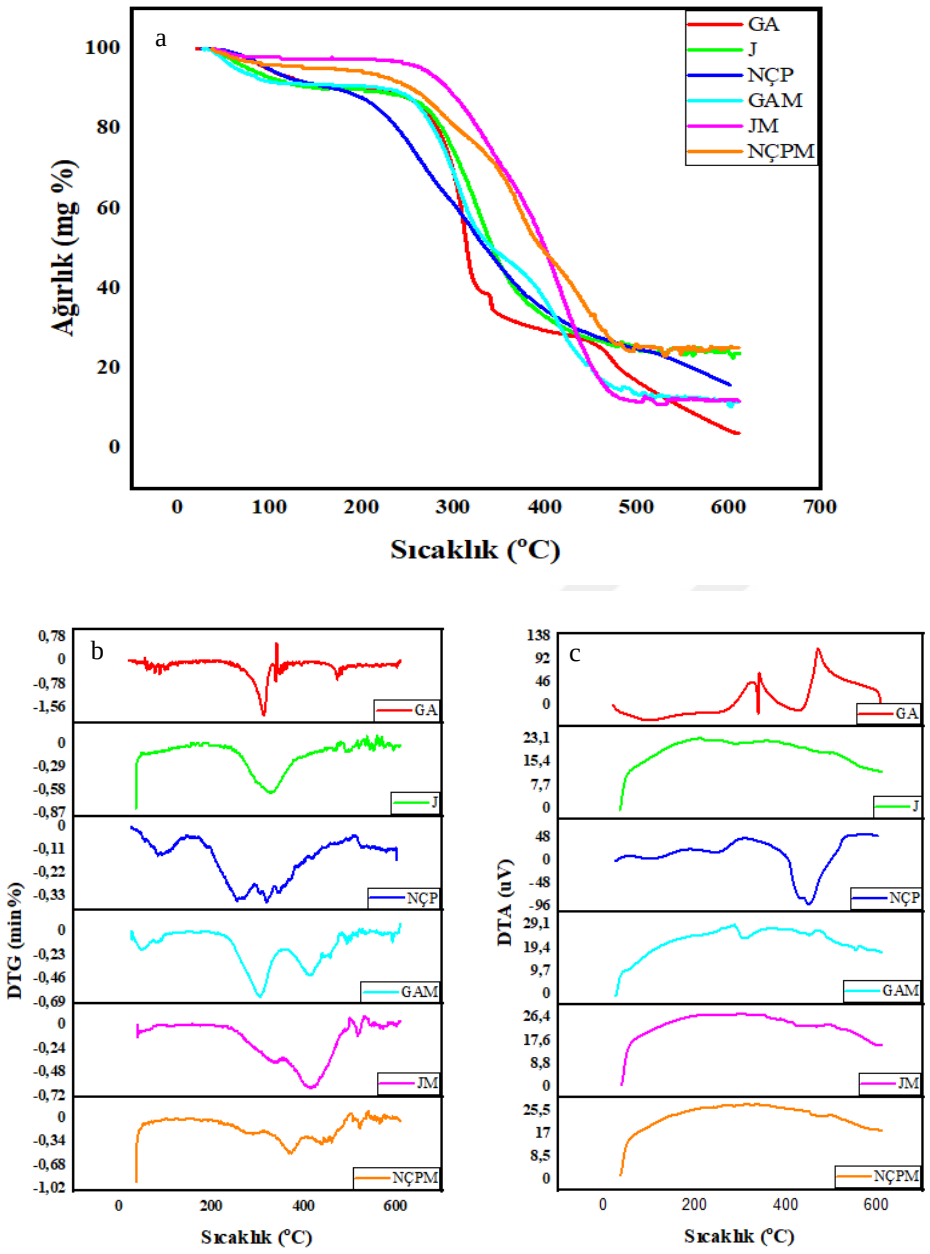
Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen NÇY mikrokapsüllerinin TGA, DTA ve DTG eğrilerinden yola çıkılarak termal özellikleri analiz edilmiştir. Bu eğriler, malzemenin termal davranışları hakkında bilgi verirler, ancak prosedürleri arasında temel farklılıklar mevcuttur. TGA ve DTG sıcaklığa bağlı olarak malzemenin maksimum ağırlık kaybını veya ağırlık artışını vermektedir. NÇP, GA, J ve mikrokapsül numunelerinin TGA ağırlık kaybı eğrileri Şekil 4.7a'da, DTG grafikleri Şekil 4.7b'de verilmiştir. Kaplama malzermelerinde gözle görülür ilk kütle kaybı

(%10 un altında) 30°C ile 130°C arasında gözlemlenmiştir. Bu değişimin su (nem) kaybı ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Khoshakhlagh ve ark., 2017). İkinci aşamada maksimum ayrışma gerçekleşmiştir ancak kaplama materyalleri için farklı eğriler elde edilmiştir. 250°C ile 350°C arasında GA için yaklaşık %55'lik maksimum kütle kaybı oluşmuştur. Ayrıca maksimum bozunma aşaması J için 255 °C ile 430 °C arasında %57'lik kütle kaybı ve NÇP için 200 °C ile 382 °C arasında %50'lik kütle azalışı gözlemlenmiştir. TGA grafiğindeki eğrilere bakıldığında mikrokapsül örneklerinin, duvar materyalleri örneklerine göre daha yüksek termogravimetrik stabiliteye sahip olduğunu söylemek mümkündür. Kapsül örnekleri yağ içeriğinin fazla olması nedeni ile daha fazla stabiliteye sahiptir. Lei ve ark. 2018 de yaptıkları bir çalışmada bu durumu doğrulamışlardır. Nişasta ile kaplanan zeytinyağı örnekleri, nişastaya oranla daha fazla stabil olduğunu tespit etmişlerdir. Proteinler (Ricci ve ark., 2018) ve polisakkaritler (Wang ve ark., 2016) için daha önce yapılan çalışmalarda benzer termal özellikler tespit edilmiştir. Polisakkarit yapılarında bozunma yaklaşık 300°C'de gerçekleşmektedir (Herculano ve ark., 2015). Makromoleküllerin de-polimerizasyonunda ya da termal ayrışmasından ve sonrasında uçucu hale geçmesi nedeniyle bu olay kaynaklanmaktadır (Pereira ve ark., 2009). Proteinlerdeki farklı moleküler zincirler, farklı termal özellik göstermektedirler (Silva ve ark., 2016).

Termal depolimerizasyon sırasında maksimum ağırlık kayıplarını gösteren sıcaklık bozunma sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır. Ayrışma sıcaklığını göstermek için DTG grafiklerinin tepe noktaları kullanılmaktadır. (Lei ve ark., 2018) Şekil 4.4b'de örneklerin DTG grafiği verilmiştir. DTG eğrilerine bakıldığında J'nin GA (310°C) ve NÇP (270°C) ile karşılaştırıldığında maksimum ayrışma sıcaklığına (330 °C) sahip olduğu görülmüştür ve üstün termal stabiliteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu eğrilerde mikroenkapsülasyon işleminin kaplama materyallerinin bozunma sıcaklığında bir artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Bu artışa NÇY'nın neden olduğu düşünülmektedir. Yağ mikrokapsüllerindeki termal bozunma, kullanılan duvar materyallerine göre daha yüksek sıcaklığa doğru kaymaktadır (Karaaslan ve ark., 2021; Başyiğit ve ark., 2020a). NÇY mikrokapsüllerinin ortalama 250 °C'nin altında kimyasal açıdan kararlı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, termal işlem

gerektiren gıda ürünlerine herhangi bir olumsuz durum olmaksızın duvar materyalleri ve mikrokapsüllerin dahil edilmesi için dikkate değer gösterge olabilir.

DTA analiz edilen örneğin, inert referans örnek ile arasındaki sıcaklık farkını vermektedir. Duvar ve çekirdek maddelerinin mikrokapsüllerde de görülüp görülmediği DTA ile yorumlanabilmektedir (Başyiğit ve ark., 2020a). Şekil 4.7c'de DTA grafikleri verilmiştir. Duvar materyallerinin ısıl özellikleri mikrokapsül örneklerinde de göründüğü belirlemiştir. Gıda endüstrisindeki uygulanabilecek işlemler göz önünde bulundurularak elde edilen mikrokapsül örneklerinin, ısı stabilitesi, termogravimetri (TGA), diferansiyel termal analiz (DTA) ve diferansiyel termogravimetrik analiz (DTG) ile test edilmiştir.

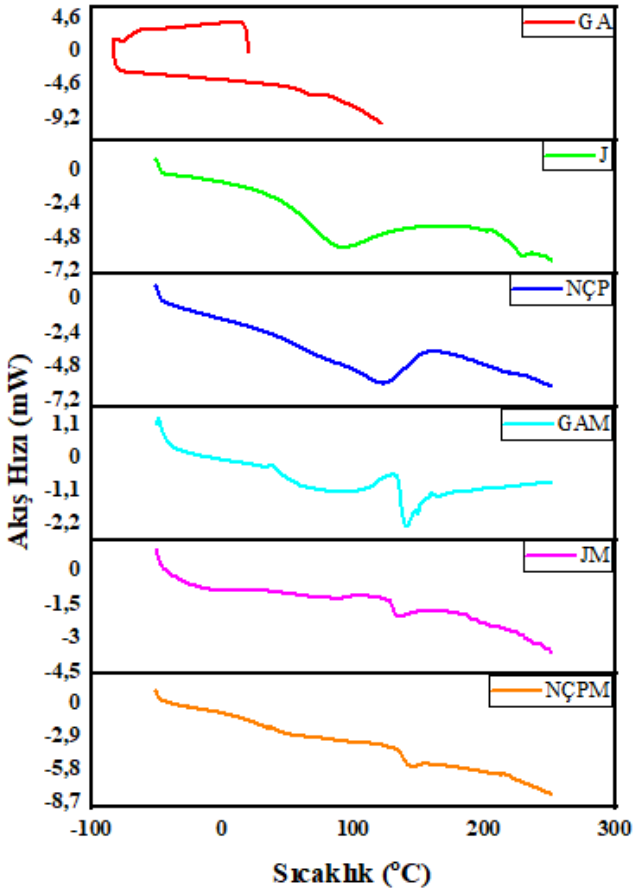


Şekil 4.7. Toz ürünlerin termogravimetri (TGA), diferansiyel termal analiz (DTA) ve diferansiyel termogravimetrik analiz (DTG) diyagramları

GA: Gam arabik, J: Sığır jelatini, NÇP: Nar çekirdeği protein tozu, GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

4.4.5. Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizi

DSC örneğe ve referans örneğe ısı akış hızının, seçilen gaz atmosferinde ve belirli sıcaklık programında sıcaklık ve zamanın fonksiyonu olarak ölçülen termoanalitik bir analizdir (Brown, 1998). Belirlenen sıcaklık aralığında örnek maddenin enerji değişimi analiz edilmektedir. DSC ile ölçülen ana özellik, örneğe giden ana akış hızıdır ve örneğin özgül ısısı ve ısı kapsitesi (Cp) DSC ile belirlenebilmektedir (Gabbott, 2008). Şekil 4.8.'de duvar materyallerinin (GA, J ve NÇP) ve mikrokapsül örneklerinin (GAM, JM ve NÇPM) DSC grafiği verilmiştir. J ve NÇP 'nin erime sıcaklıkları (endotermik reaksiyon pikleri) sırasıyla 89.95 °C ve 123.99 °C olarak bulunmuştur. GAM, JM ve NÇPM'nin erime sıcaklıklarının sırasıyla 141.07 °C, 135.07 °C ve 147.43 °C olduğu tespit edilmiştir (Başyiğit ve ark., 2020a). Elde edilen verilerden yola çıkarak mikrokapsülasyon işlemi ile mikrokapsüllerin erime sıcaklıkları artmıştır. Bu da dayanım sıcaklıklarının arttığını göstermektedir. Gıda endüstrisi sterilizasyon ve pastörizasyon gibi sıcaklık uygulamaları göz önüne alındığında mikrokapsüllerin daya dayanıklı olduğu düşünülerek gıda sanayiinde kullanımı mümkün olabilir.



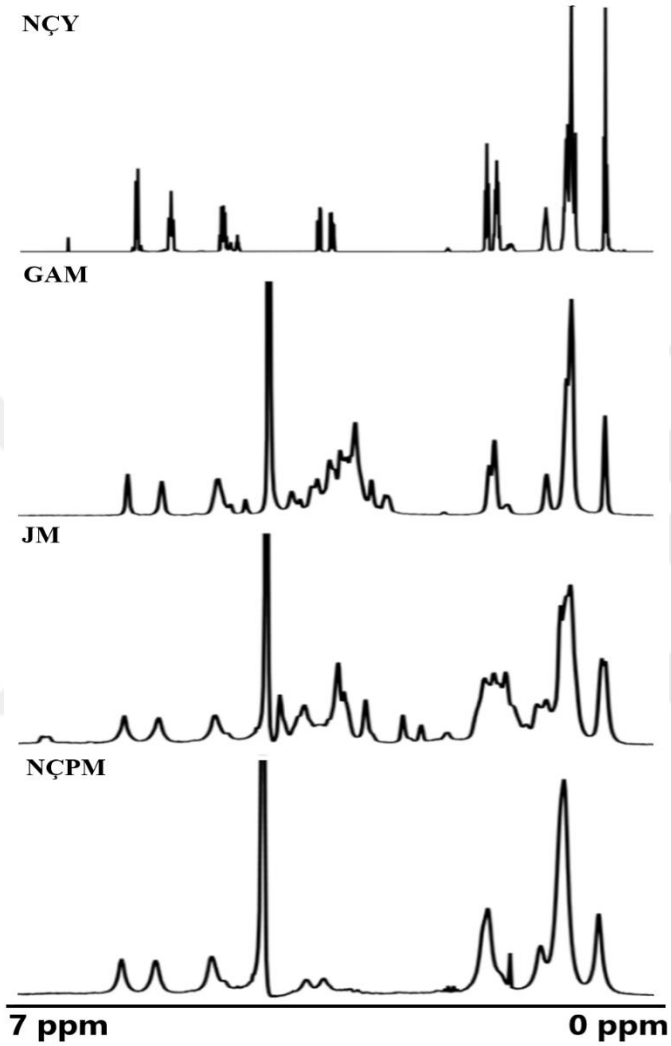
Şekil 4.8. Toz ürünlerin DSC termogramları

GA: Gam arabik, J: Sığır jelatini, NÇP: Nar çekirdeği protein tozu, GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

4.4.6. Nükleer manyetik rezonans (NMR) analizi

NÇY'nı, mikrokapsüller içerisinde başarılı bi şekilde mikrokapsüllendiğini göstermek amacıyla ^{1}H NMR tekniği kullanılmıştır. Şekil 4.8'de NMR spektroskopisi görüntüsü verilmiştir. Tek boyutlu ^{1}H spekturmları, yağ asitleri için NMR sinyalleri vermişlerdir (Hamerly ve ark., 2015). NÇY spektrumlarında belirlenen bu pikler GAM, GM ve NÇPM mikrokapsüllerinde de açıkça görülmektedir (Şekil 4.9.). 0 ile 1.5 ppm arasında bulunan pikler alkil grupları (-CH_2 / CH_3), 1.5 ve 3 ppm arasında bulunan pikler bis-allilik ve allilik / α-CH_2 yağ asidi sinyalleri, NÇY örneğinde doymamış yağ asitlerini temsil etmektedir (Korlesky ve ark., 2016). Ayrıca punisik asidin (ω-5) çift bağları 5.5 ile 6.5 ppm arasında sinyaller göstermiştir (Siano ve

diğerleri, 2016). NMR spektrumlarındaki GAM, JM ve NÇPM örneklerinde görülen bu pikler NÇP'nin yeni bir kaplama malzemesi olarak literatüre dahil edilmesini kapsayan çalışmanın başarılı olduğunu göstermektedir.



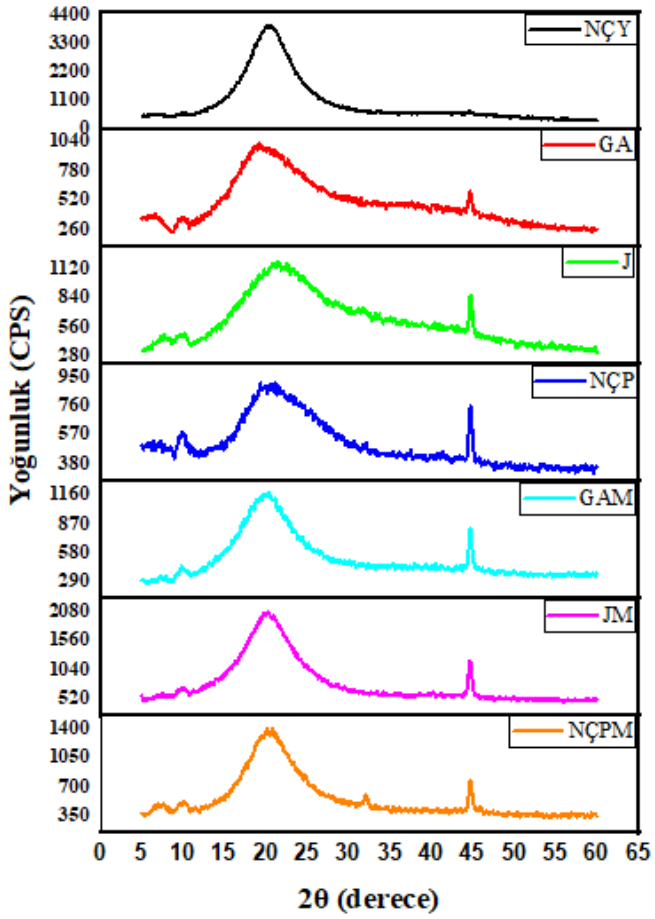
Şekil 4.9. Nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi görüntüleri

NÇY: Nar çekirdeği yağı, GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

4.4.7. X-ray ışınlarının kırınımı (XRD) analizi

Duvar materyallerinin (GA, J ve NÇP) ve mikrokapsüllerinin (GAM, JM ve NÇPM) yapısal XRD analiz sonuçları Şekil 4.10.'da verilmiştir. Amorf ürünler genel

olarak daha geniş bir tepe noktası oluşturan pikler vermektedir. Kristalitesi yüksek olan ürünler ise XRD grafiklerinde keskin pikler oluşturmaktadır (Caparino ve ark., 2012). Tüm kaplama materyallerinin ve kaplanmış mikrokapsüllerin amorf yapıda olduğu belirlenmiştir. Literatürde GA (Alves ve ark., 2013) ve J (Ki ve ark., 2005) için çalışmaların mevcut olduğu ve sonuçların ise çalışmamız ile benzer olduğu görülmüştür.



Şekil 4.10. X-Ray ışınları kırınımı (XRD) spektroskopisi görüntüleri

NÇY: Nar çekirdeği yağı, GA: Gam arabik, J: Sığır jelatini, NÇP: Nar çekirdeği protein tozu, GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

Çizelge 4.9.'da duvar materyallerinin ve püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş mikrokapsüllerin nanoboyutları ve kristalite değerleri verilmiştir. Duvar materyalleri ile mikrokapsüller karşılaştırıldığında, püskürtmeli kurutucu ile elde edilmiş mikrokapsüllerin kristalite değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yapılan bir

çalışmada Ban ve ark. (2020), hünnap meyvesinin kalitesini arttırmak için zencefil esansiyel yağı bazlı püskürtmeli kurutcu ile mikrokapsülleme yapmışlar, kapsüllerin daha fazla amorf yapıya sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.9. Kaplama materyalleri ve mikrokapsüllerin nanoboyutları ve kristalite değerleri

Örnek	2θ (derece)	FWHM	Nanoboyut (nm)	Kristalite değeri (%)
NÇY	20.5	0.42	B	0.84
GA	19.71	0.48	B	4.50
J	21.7	0.60	B	7.11
NÇP	21.06	0.58	B	4.81
GAM	20.18	0.81	12.67	3.67
JM	20.28	0.39	26.46	3.98
NÇPM	20.38	0.45	80.02	4.14

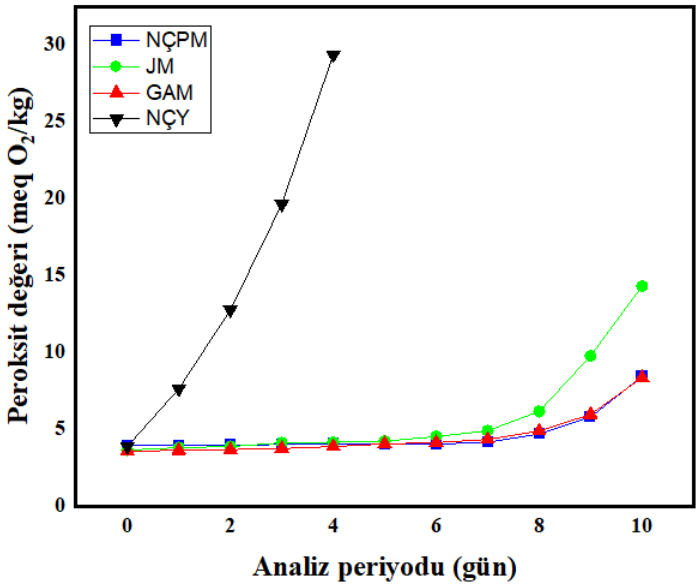
B: Belirlenemedi
NÇY: Nar çekirdeği yağı, GA: Gam arabik, J: Sığır jelatini, NÇP: Nar çekirdeği protein tozu, GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

4.4.8. Oksidasyon stabilitesi (Peroksit değeri)

Yağların raf ömrünü belirleyen önemli etkenlerden birisi de peroksit değeridir. Peroksit değeri yağın oksidasyon derecesini ve raf ömrü hakkında bilgi vermektedir (Göğüs ve ark., 2009). Püskürtmeli kurutucu ile kaplanmış mikrokapsüle yağın peroksit değeri giriş sıcaklığı ve mikroenkapsülasyon etkinliğinden etkilenmektedir; düşük giriş sıcaklığı ve mikroenkapsülasyon etkinliği, peroksit ve yüzey yağı değerlerinin yüksek çıkmasına neden olabilmektedir (Aghbashlo ve ark., 2013; Tonon ve ark., 2011).

Oksidasyon stabilitesi, duvar materyallerinin oksidasyona karşı NÇY'yi koruyucu etkisini ölçmek amacıyla 60 °C'de 10 günlük depolama ile analiz edilmiştir (Şekil 4.11.). NÇY ilk günden itibaren hızla artan peroksit değeri sergilemiştir. NÇPM, JM ve GAM'ın başlangıç peroksit değerleri düşük tepsit edilmiştir; 3.60 ile 3.96 milieşdeğer O_2 / kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Farklı kaplama materyalleri kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin peroksit değeri depolamadan sonra 5.günde aşırı bir artış göstermemiştir. Ancak 5.günden sonra Şekil 4.11.'de sunulan eğrilerden anlaşıldığı üzere peroksit değerlerinin artma eğiliminde olduğunu gösterdi. J ile

kaplanan NÇY'nın oksidasyon derecesi, depolamanın 6.gününde 4.23±0.18 meq O_2/kg idi. JM örneği depolamanın son gününe kadar oksitlenmeye devam etmiş ve peroksit değeri aniden artarak 14.33±0.11 meq O_2/kg'a ulaşmıştır. Bu durum JM'nin diğer mikrokapsül örneklerine göre daha yüksek neme sahip olması ile ilişkilendirilmiştir (Çizelge 4.7.). Ayrıca GA ve NÇP, NÇY'nin oksidasyona karşı koruyucu performansı depolamanın 8.gününe kadar devam etmiştir. Oksidasyon süreci bu örnekleri için 8 ve 10.gün arasında başlamıştır. Depolamanın son gününde GAM için 8.36±0.25 meq O_2/kg ve NÇPM için 8.45±0.11 meq O_2/kg olarak belirlenmiştir. Mikrokapsüller arasındaki farklılıklar, yüksek mikroenkapsülasyon etkinliği, düşük peroksit seviyesinin göstergesi olduğu için mikroenkapsülasyon etkinliği sonuçlarıyla da desteklenmiştir (Başyiğit ve ark., 2020a; Karaaslan ve ark., 2021; Tonon ve ark., 2011). Sonuçlarda görülen belirli sürelerden sonra oksidasyonun artması, duvar materyallerinin yapısındaki bozunmaya bağlı olarak kapsül yüzeyine NÇY sızıntısı ile açıklamak mümkün olmaktadır. Mikrokapsüle NÇY, saf yağ gibi davranmakta ve doğrudan çevre ile temas etmektedir (yüksek sıcaklık 60°C). Önceki çalışmalarda mikroenkapsülasyon uygulamasının yüzey yağının oksidasyon seviyesine etkisi belirtilmiştir (Hardas ve ark., 2002).



Şekil 4.11. Mikrokapsüllerin günlere göre peroksit değişim grafiği

NÇY: Nar çekirdeği yağı, GAM: Gam arabik ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, JM: Sığır jelatini ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri, NÇPM: Nar çekirdeği protein tozu ile kaplanan nar çekirdeği yağı mikrokapsülleri

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Son yıllarda fonksiyonel ve tüketime hazır gıdalara tüketicilerin ilgisi artmaktadır. Hazır gıda tüketimi arttıkça gıda prosesleri aşamalarında atıklar da çoğalmaya başlamıştır. Atık olarak adlandırılan ancak fonksiyonel değeri fazla olan bu kaynakların biyodönüşüm olarak kullanımı da son zamanlarda büyük önem kazanmıştır. Atıkların sebep olduğu çevresel kirliliğin yanısıra biyodönüşüm ile şirketlere ve ülke ekonomisine katıları da göz ardı edilemez bir hal almıştır.

Nar meyvesi sofralarımızda taze tüketilmesinin yanı sıra gıda sanayiinde meyve suyu, nar ekşisi ve nar şarabı olarak da işlenmektedir. Sadece gıda sanayiinde değil kozmetik ve ilaç sanayiinde kullanımı da artmıştır. Nar meyvesinin işlenmesi sırasında kabuk ve çekirdek gibi atıklar oluşmaktadır. Oluşan atıkların değerlendirilmesi hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlayacağı gibi ülke kaynaklarının korunmasına da yarar sağlayacaktır. Son zamanlarda nar çekirdeği yağı (NÇY) soğuk pres yöntemi ile elde edilerek çeşitli nedenlerle kozmetik sanayiinde kullanılmaya başlanmıştır.

Nar çekirdeğinin sadece yağ değil önemli miktarda protein içerdiği de bilinmektedir. Günümüz beslenmesinde vegan beslenmeler ön plana çıkmaktadır. Meyve proteinleri bu beslenme çeşitinde hayvan proteinlerin yerini alarak önemli rol oynamaktadırlar. Mikroenkapsülasyon işlemi ile yağın stabilitesi sağlanırken, protein kaplaması yapılarak besleyici değer de arttırılmıştır.

Bu çalışmada püskürtmeli kurutucu kullanılarak GA, J ve NÇP ile NÇY kaplanmış mikrokapsüller elde edilmiştir. Duvar materyali çekirdek oranı 1:1 olarak belirlenmiştir. 3 farklı kaplama çeşiti için de püskürtmeli kurutucu etken özellikleri sabit tutulmuştur. Tüm denemeler için kurutucu giriş sıcaklığı 160 °C, hava akımı %30 ve peristaltik pompanın besleme hızı 300 mL/sa olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucu nar çekirdeği protein tozunun amino asit kompozisyonunda toplamda %38.47 esansiyel amino asit tespit edilmiştir. En yüksek

sırasıyla arjinin (%9.04), lösin (%7.70) ve treonin (%7.04) içermektedir. Toplamda esansiyel olmayan aminoasit miktarının ise %61.53 olduğu belirlenmiştir. Bu aminoasitler sırasıyla glutamik asit (%19.07), glisin (%10.96) ve alanin (%6.98) olduğu görülmektedir.

Elde edilen NÇY mikrokapsül örneklerinin fizikokimyasal özellikleri mikroenkapsülasyon verimi, mikroenkapsülasyon etkinliği, renk, nem tayini, su aktivitesi, ıslanabilirlik ve akışkanlık (carr index ve hausner oranı) analizleri yapılarak tespit edilmiştir. Tüm analizler mikroenkapsülasyon işleminden sonra yapılmıştır. Püskürtmeli kurutucu kullanılarak yapılan mikroenkapsülasyon işleminde J ile kaplanan NÇY mikrokapsülleri %41.04 ile en fazla verime sahip oldukları belirlenmiştir. Mikroenkapsülasyon verimi analizinde GA ile kaplanan NÇY mikrokapsüllerinin %88.90 ile en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Nem analizi ve su aktivitetesi analizinde sırasıyla %0.91 ve 0.23 değerlerine sahip mikrokapsüllerin nar proteini ile kaplanan NÇY kapsüllerinin olduğu görülmüştür. Islanabilirlik analizinde NÇP ile kaplanmış NÇY mikrokapsüllerinin 21 sn ile en kısa sürede gerçekleştiği görülmüştür. Carr index ve hausner oranı sırasıyla 31.63 ve 1.46 değerleri ile en yüksek NÇP ile kaplanmış NÇY mikrokapsüllerinde gözlemlenmiştir. Akışkanlığın diğer mikrokapsüllere göre daha düşük seviyede olduğu söylenebilmektedir.

NÇY mikrokapsül örneklerinin fiziksel ve kalite özellikleri parçacık boyutu analizi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. Mikrokapsüllerin boyutları 1-100 µm değerleri arasında daha yoğun bi şekilde olduğu gözlemlenmiştir. SEM görüntülerinde ise GA ile kaplanan NÇY'de çatlak olduğu tespit edilmiştir. Bunu yanı sıra J ve NÇP ile kaplanan mikrokapsüllerin protein yapısı gereği şekillerinin daha büzüşmüş yapıda olduğu görülmüştür. Fourier Dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopisi (FTIR) analiz sonuçları ise NÇY'nin ve kaplama materyallerinin özelliklerini koruyarak mikroenkapsülasyon işleminin gerçekleştiğini göstermiştir.

NÇY mikrokapsüllerinin termal özellikleri TGA, DTA ve DTG eğrilerinden yola çıkılarak analiz edilmiştir. JM ve NÇPM kapsüllerinin GAM

mikrokapsüllerinden daha yüksek termogravimetrik stabiliteye sahip olduğu görülmüştür. Gıda sanayinde uygulanan sterilizasyon işlemleri düşünüldüğünde bu değerlerin makul seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Kaplama örneklerinin (GA, J ve NÇP) ve mikrokapsüllerin (GAM, JM ve NÇPM) DSC analizi yapılmış ve mikrokapsüllerin erime noklarının duvar materyallerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen NMR analiz sonuçlarına bakıldığında NÇY grafiğinde yer alan piklerin GAM, JM ve NÇPM'inde de oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar kaplamanın gerçekleştiğini göstermiştir.

NÇY'nin, kaplama materyallerinin ve mikrokapsüllerin kristallik özelliklerini belirlemek amacıyla XRD analizi yapılmıştır. Tüm örneklerin amorf yapıda olduğu tespit edilmiştir. Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen mikrokapsüllerin (GAM, JM ve NÇPM), duvar materyallerine göre daha daha fazla amorf yağıda olduğu gözlemlenmiştir. Mikroenkapsülasyondan sonra örneklerin kristalite değerleri azalmıştır.

Duvar materyallerinin oksidasyona karşı koruyucu etkisi peroksit değeri ile belirlenmiştir. Mikrokapsül örneklerinin başlangıç proksit değerleri 3.60 ile 3.96 meq O_2 / kg arasında tespit edilmiştir. 5.güne kadar aşırı bir değişim gözlemlenmezken 5.günden sonra peroksit değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. JM örneğinin 6.günde 4.23 meq O_2 / kg peroksit değeriner sahip olduğu belirlenmiştir ve aniden 14.33 meq O_2 / kg peroksit değerine ulaşmıştır. Ayrıca GAM ve NÇPM örneklerinin yavaş bozunması 8. Güne kadar devam etmiştir. Oksidasyon süreci bu örnekler için 8 ve 10.gün arasında başlamıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında gıda proseslerinde atık olarak ortaya çıkan nar çekirdeğinin hem yağı hem de proteini kullanılmıştır. Nar çekirdeği yağı gam arabik, sığır jelatini ve nar çekirdeği protein tozu ile kaplanarak çeşitli analizlere tabii tutulmuştur. Analizler sonucunda 3 farklı duvar materyalleri kullanılarak elde edilen

mikrokapsüller karşılaştırılmış, nar çekirdeği protein tozunun kaplama materyali olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur. Elde edilen yeni ürünler ile gıda sanayinde ve beslenmede yeni istihdam alanlarının gelişeceği düşünülmektedir. Atık değerlendirme ile ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacağı beklenmektedir. Bundan sonraki aşamalarda;

- Farklı sıcaklık, akış hızı, besleme hızı değerlerinde nar çekirdeği proteinin kaplama olanakları değerlendirilebilir,
- Kaplama materyali ve çekirdek materyalinin emülsiyon oranları değiştirilerek mikroenkapsülasyon yapılabilir,
- Nar çekirdeği proteini, farklı proteinler ile birleştirilerek kaplama materyali kullanımında veya farklı yağ kaplama mikroenkapsülasyon uygulaması yapılabilir.

KAYNAKLAR

ADAMU, M., RAHMAN, MD. R., HAMDAN, S., BAKRI, M. K. B., and YUSOF, F. A. B. MD., 2020. Impact Of Polyvinyl Alcohol/Acrylonitrile On Bamboo Nanocomposite and Optimization Of Mechanical Performance By Response Surface Methodology. Construction and Building Materials, (258): 119693.

AGHBASHLO, M., MOBLI, H., MADADLAU, A., and RAFIEE, S., 2013. Influence of Wall Material and Inlet Drying Air Temperature on the Microencapsulation of Fish Oil by Spray Drying. Food and Bioprocess Technology, 6(6): 1561–1569.

AHLERS, N. H. E., and MCTAGGART, N. G., 1954. The Spectroscopic Examination of Pomegranate-Seed Oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 5(2): 75–79.

ALVES, S. F., BORGES, L. L., DOS SANTOS, T. O., DE PAULA, J. R., CONCE IÇÃO, E. C., and BARA, M. T. F., 2013. Microencapsulation of Essential Oil from Fruits of Pterodon emarginatus Using Gum Arabic and Maltodextrin as Wall Materials: Composition and Stability. Drying Technology, 32(1): 96-105.

ANKER, M. H., and REINECCIUS, G. A., 1988. Encapsulated Orange Oil: Influence of Spray-dryer Air Temperatures on Retention and Shelf Life, in Flavor Encapsulation. ACS Symposium Series 370, American Chemical Society, Washington, DC, 78-85.

ANONİM, 2019. Türkiye Mühendisler Mimarlar Odası Birliği Ziraat Mühendisleri Odası Nar Raporu. https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=32164&tipi=17&sube=0. Son Erişim: 19.11.2020.

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 14th edn.paint Vol. 67. Association of Official Analytical Chemist,. Arlington, VA, 1-45.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis, vol. 67, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA,503–515.

ARAO, K., WNAG, Y. M., INOUE, N., HIRATA, J., CHA, J. Y., NAGAO, K., and YANAGITA, T., 2004. Dietary Effect of Pomegranate Seed Oil Rich in 9 cis, 11 trans, 13 cis conjugated linolenic acid on Lipid Metabolism in Obese, Hyperlipidemic OLETF Rats. Lipids in Health and Disease 3(24): 1-7.

AUGUSTIN, M. A., SANGUANSRI, L., MARGETTS, C., and YONG, B., 2001. Microencapsulation of food ingredients. Food Aust. (53): 220–223.

BADEE, A. Z. M., AMAL, E., El- KADER, A., and HANAN, M.A., 2012. Microencapsulation Of Peppermint Oil By Spray Drying. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(12): 499-504.

BAN, Z., ZHANG, J., LI, L., LUO, Z., WANG, Y., YUAN, Q., ZHOU, B., and LIU, H., 2020. Ginger Essential Oil-Based Microencapsulation as an Efficient Delivery System For The Improvement of Jujube (Ziziphus Jujuba Mill.) Fruit Quality. Food Chemistry (306): 125628.

BARBOSA-CANOVAS, G. V., ORTEGA-RIVAS, E., JULIANO, P., and YAN, H., 2005. Food Powders; Physical Properties, Processing and Functionality, Kluwer Academic, New York, 199-219.

BAŞYIGIT, B., SAĞLAM, H., KANDEMIR, Ş., KARAASLAN, A., and KARAASLAN, M., 2020a. Microencapsulation of Sour Cherry Oil By Spray Drying: Evaluation of Physical Morphology, Thermal Properties, Storage Stability, and Antimicrobial Activity. Powder Technology, (364): 654–663

BAŞYİĞİT, B., DAĞHAN, Ş., KARAASLAN, M., 2020b. Biochemical, compositional, and Spectral Analyses of İsot (Urfa pepper) Seed Oil and Evaluation of its Functional Characteristics. Grasas y Aceites, 71(4): 384.

BAŞYİĞİT, B., 2017. Mikroenkapsüle İnstant Meyan Kökü (*Glycyrrhiza Glabra* L.) Şerbeti (Çayı) Üretimi ve Depolamanın Kalite Üzerine Etkisi. Harran Üniversitesi, 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

BOROUSHAKI, T. M., MOLLAZADEH, H., and AFSHARI, A. R., 2016. Pomegranate Seed Oil: A Comprehensive Review On Its Therapeutıc Effects. IJPSR, Vol. 7(2): 1000-13.

BROWN, M. E., 1998. Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, Amsterdam, 61 Elsevier Science B.V.

CALAFATO, N. R., and PICO, G., 2004. Griseofulvin and Ketoconazole Solubilization by Bile Salts Studied Using Fluorescence Spectroscopy. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces (47): 198-204.

CALLIGARIS, S., MANZOCCO, L., CONTE, L.S., and NİCOLI, M.C., 2004. Application of a modified arrhenius equation for the evaluation of oxidation rate of sunflower oil at subzero temperatures. J. Food Sc. (69): 361–366.

CANSU, Ü., 2019. Tavuk Derisinden Jelatin Ekstraksiyonunda Proses Koşullarının Kinetik ve Termodinamik Parametrelere Etkisi, 100. Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Van, 86s.

CAPARINO, O., TANG, J., NINDO, C., SABLANI, S., POWERS, J., and FELLMAN, J., 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao'var.) powder J. Food Eng., 111 (1): 135-148.

CARNEIRO H. C. F., TONON R. V., GROSSO, C. R. F., and HUBINGER, M. D., 2013. Encapsulation Efficiency and Oxidative Stability of Flaxseed Oil Microencapsulated by Spray Drying Using Different Combinations of Wall Materials. Journal of Food Engineering, 115 (4): 443-45.

CARR, R. L., 1965. Evaluating flow Properties of Solids. Chem. Eng, 72 (3), 163–168.

CHO, S. M., KWAK, K. S., PARK, D. C., GU, Y. S., JI, C. I., and JANG, D. H., 2004. Processing Optimization and Functional Properties of Gelatin From Shark (*Isurus oxyrinchus*) Cartilage. Food Hydrocolloids, (18): 573-579.

CHOI, Y., and CHANG, Y. H., 2018. Microencapsulation of Gallic Acid Through The Complex of Whey Protein Concentrate-Pectic Polysaccharide Extracted From Ulmus Davidiana. Food Hydrocolloids, (85): 222-228

COSTA, A. M. M., SILVA, L. O., and TORRES, A. G., 2019. Chemical Composition of Commercial Cold-Pressed Pomegranate (*Punica granatum*) Seed Oil From Turkey And Israel, and the Use of Bioactive Compounds for Samples' Origin Preliminary Discrimination. Journal of Food Composition and Analysis, (75): 8-16.

COSTANTINI, S., RUSOLO, F., DE VITO, V., MOCCIA, S., PICARIELLO, G., and CAPONE, F., 2014. Potential Anti-Inflammatory Effects Of The Hydrophilic Fraction Of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Seed Oil on Breast Cancer Cell Lines. Molecules, 19(6): 8644–8660.

ÇEVİK, K., 2017. Palm Yağı ve Fraksiyonlarının Püskürtmeli Kurutucu ile Mikroenkapsülasyonu. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 93s.

DAVÎES, P., 2004. Oral Solid Dosage Forms. Pharmaceutical Preformulation and Formulation, (Ed: M Gibson), Interpharm/CRC, Boca Raton, 379-458.

DESAI, K. G. H., and PARK, H. J., 2005. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. Dry Technol (23): 1361–1394.

DORDEVIC, V., BALANC, B., BELSCAK-CYITANOVIC, A., LEVIC, S., TRİFKOYIC, K., KALUŠEVİC, A., and NEDOVIC, V., 2015. Trends in Encapsulation Technologies for Delivery of Food Bioactive Compounds. Food Engineering Reviews, 7(4): 452-490.

DRUSCH, S., and SCHWARZ, K., 2006. Microencapsulation Properties of Two Different Types of n-octenylsuccinate-derivatised Starch. European Food Research and Technology, 222(1-2): 155-164.

DU, Y., JIANG, Y., ZHU, X., XIONG, H., SHI, S., HU, J., PENG, H., ZHOU, Q., and SUN, W., 2012. Physicochemical and Functional Properties of The Protein Isolate and Major Fractions Prepared From Akebia Trifoliata Var. Australis Seed. Food Chemistry, (133): 923−929.

DUANGMAL, K., SAICHEUA, B., and SUEEPRASAN, S., 2008. Colour Evaluation of Freeze-Dried Roselle Extract as a Natural Food Colorant in a Model System of a Drink. LWT-Food Science and Technology, 41 (8): 1437-1445.

DUFOUR E., 2009. Principles of Infrared Spectroscopy in Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control, Ed. Sun D., Elsevier Ltd, Dublin.

ERKAN, M., and KADER, A. A., 2011. Pomegranate (*Punica granatum* L.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, 4 (14): 287-311.

FADAVI, G., MOHAMMADIFAR, M., A., ZARGARRAN, A., MORTAZAVIAN, A. M., and KOMEILI, R., 2014. Composition and Physicochemical Properties of Zedo Gum Exudates From Amygdalus Scoparia. Carbohydrate Polymers, (101): 1074-1080.

FÄLDT, P., and BERGENSTÅHL, B., 1996. Spray-dried Whey Protein/Lactose/Soybean Oil Emulsions. 2. Redispersability, Wettability and Particle Structure. Food Hydrocolloids, 10(4): 431-439.

FERNANDES, R. V. D. B., BORGES, S. V., and BOTREL, D. A., 2013. Influence of Spray Drying Operating Conditions on Microencapsulated Rosemary Essential Oil Properties. Food Science and Technology (Campinas), (33): 171-178.

FERNANDEZ-LOPEZ, J., SENDRA-NADAL, E., NAVARRO, C., SAYAS, E., VİUDA-MARTOS, M., and PEREZ-ALVAREZ, J. A., 2009. Storage Stability of a High Dietary Fibre Powder From Orange By-Products. International Journal of Food Science and Technology, (44): 748-756.

FRANCISCO, C. R. L., DIVINO DE, F. O. J., MARIN, G., ALVIM, I. D., and HUBİNGER, M. D., 2020. Plant Proteins at Low Concentrations as Natural Emulsifiers for an Effective Orange Essential Oil Microencapsulation by Spray Drying. Colloids and Sufaces A, (607): 125470.

FREUDIG, B., HOGEKAMP, S., and SCHUBERT, H., 1999. Dispersion of Powders in Liquids in A Stirred Vessel. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 38(4): 525-532.

FUCHS, M., TURCHIULI, C., BOHIN, M., CUVELIER, M. E., ORDONNAUD, C., PEYRAT-MAILLARD, M. N., and DUMOULİN, E., 2006. Encapsulation of Oil in Powder Using Spray Drying and Fluidised Bed Agglomeration. Journal of Food Engineering, (75): 27-35

GABBOTT, P., 2008. Principle and Application of Thermal Analysis, New Delhi, India: Blackwell Publishing.

GAIANI, C., SCHER, J., EHRHARDT, J. J., LINDER, M., SCHUCK, P., DESOBRY, S., and BANON, S., 2007. Relationships between Dairy Powder Surface Composition and Wetting Properties During Storage: Importance of Residual Lipids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(16): 6561-6567.

GHARSALLAOUI, A., ROUDAUT, G., CHAMBİN, O., VOILLEY, A. and SAUREL, R., 2007. Application of Spray-drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An overview. Food Res. Int. (40): 1107–1121.

GHORBANZADEH, R., and REZAEI, K., 2017. Optimization of an Aqueous Extraction Process for Pomegranate Seed Oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 94(12): 1491–1501.

GOMES, G. M. H., and KUROZAWA, L. E., 2020. Improvement Of The Functional And Antioxidant Properties of Rice Protein by Enzymatic Hydrolysis for The Microencapsulation of Linseed Oil. Journal of Food Engineering 267. 109761

GOUIN, S., 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. Trends in Food Science & Technology, 15(7): 330-347.

GÖĞÜŞ, F., ÖZKAYA, M.T. ve ÖTLEŞ, S., 2009. Zeytinyağı. Eflatun Yayınevi, Ankara, 1.Basım.

GÖKMEN, S., PALAMUROĞLU, 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. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya.

GUNDOGAN, R., and KARACA, A. C., 2020. Physicochemical and Functional Properties of Proteins Isolated from Local Beans of Turkey LWT-Food Science and Technology (130): 109609.

HAMERLY, T., TRIPET, B., WURCH, L., HETTICH, R. L., PODAR, M., BOTHNER, B., and COPIÉ, V., 2015. Characterization of Fatty Acids in Crenarchaeota by GC-MS and NMR. Archaea, 1–9.

HARDAS, N., DANVIRIVAKUL, S., FOLEY, J. L., NAWAR, W. W., and CHINACHOTI, P., 2002. Effect of Relative Humidity on The Oxidative and Physical Stability of Encapsulated Milk Fat. Journal of the American Oil Chemists' Society, 79(2): 151–158.

HERCULANO, E. D., DE PAULA, H. C. B., DE FİGUEİREDO, E. A. T., DIAS, F. G. B., PEREIRA, V., and DE, A., 2015. Physicochemical and Antimicrobial Properties of Nanoencapsulated Eucalyptus Staigeriana Essential Oil. LWT-Food Science and Technology, 61(2): 484–491.

HOFFMAN, J.R. and FALVO, M.J., 2004. Protein-which is Best. J. Sports Sci. Med. 3 (3): 118–130.

HOLLAND, D., and BAR-YA'AKOV, I., 2008. The pomegranate: new interest in an ancient fruit. Gardeners Chronicle & Horticultural Trade Journal, (48): 12–15.

HORA, J. J., MAYDEW, E. R., LANSKY, E. P., and DWIVEDI, C., 2003. Chemopreventive Effects of Pomegranate Seed Oil on Skin Tumor Development in CD1 Mice. Journal of Medicinal Food, 6(3): 157-161.

İÇYER, N. C., 2012. Nar Kabuğu Fenolik Bileşiklerinin Su ile Ekstraksiyonu ve Ekstraktların Mikroenkapsülasyonu. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 110s.

İKİNCİ, A., 2007. Nar Yetiştiriciliği. Tarım Türk Dergisi, (7): 12-16.

JAFARI, S. M., ASSADPOOR E. HE. Y., and BHANDARI, B., 2008. Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils During Spray Drying. Drying Technology, 26(7): 816-835.

JALAL, H., PAL, M. A., AHMAD, S. R., RATHER, M., ANDRABI, M., and HAMDANI, S., 2018. Physico-chemical and functional properties of pomegranate peel and seed powder. The Pharma Innovation Journal, 7(4): 1127-1131.

KARAASLAN, M., SENGÜN, F., CANSU, U., BAŞYIGIT, B., SAGLAM, H., and KARAASLAN, A., 2021. Gum arabic/maltodextrin microencapsulation confers peroxidation stability and antimicrobial ability to pepper seed oil, Food Chemistry, (337): 127748.

KAUSHIK, P., DOWLING, K., MCKNIGHT, S., BARROW, C. J., and ADHIKARI, B., 2016. Microencapsulation of Flaxseed oil in Flaxseed Frotein and Flaxseed Gum Complex Coacervates, Food Research International, (86): 1-8.

KHOSHAKHLAGH, K., KOOCHEKI, A., MOHEBBİ, M., and ALLAFCHİAN, A., 2017. Development and characterization of electrosprayed Alyssum homolocarpum seed gum nanoparticles for encapsulation of d-limonene. Journal of Colloid and Interface Science, (490): 562–575.

KI, C. S., BAEK, D. H., GANG, K. D., LEE, K. H., UM, I. C., and PARK, Y. H., 2005. Characterization of Gelatin Nanofiber Prepared from Gelatin–Formic Acid Solution, Polymer (46): 5094–5102.

KNEIFEL, W., and SEILER, A., 1993. Water-holding Properties of Milk Protein Productssa Review. Food Structure, (12): 297-308.

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, 255s.

KOÇ, M., GUNGOR, O., ZUNGUR, A., YALCIN, B., SELEK, I., ERTEKIN, F. K., and OTLES, S., 2015. Microencapsulation of Extra Virgin Olive Oil by Spray Drying: Effect of Wall Materials Composition, Process Conditions, And Emulsification Method. Food and Bioprocess technology, 8(2): 301-318.

KORLESKY, N. M., STOLP, L. J., KODALI, D. R., GOLDSCHMIDT, R., and BYRDWELL, W. C., 2016. Extraction and Characterization of Montmorency Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.) Pit Oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 93(7): 995–1005.

KUNZ, B., KRUCKEBERG, S., and WEISSBRODT, J., 2003. Chancen und grenzen der mikroverkapselung in der modernen lebensmittelverarbeitung. Chem.-Ing.-Tech., (75): 1733-1740.

LAFARGA, T., ÁLVAREZ, C., BOBO, G., and AGUİLÓ-AGUAYO, I., 2018. Characterization of Functional Properties of Proteins from Ganxet Beans

(*Phaseolus vulgaris L. var. Ganxet*) Isolated Using an Ultrasound-Assisted Methodology. Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology, (98): 106–112.

LANSKY, E., SHUBERT, S., and NEEMAN, I., 2000. Pharmacological and Therapeutic Properties of Pomegranate. In: MelgarejoMoreno, P., Martínez-Nicolás, J. J., Martínez-Tomé, J. (eds.). Production, Processing and Marketing of Pomegranate in the Mediterranean Region: Advances in Research and Technology. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 231-235.

LEI, M., JIANG, F.-C., CAI, J., HU, S., ZHOU, R., LIU, G., and XIONG, X.-G., 2018. Facile Microencapsulation of Olive Oil in Porous Starch Granules: Fabrication, Characterization, and Oxidative Stability. International Journal Of Biological Macromolecules, (111): 755–761.

LE-PRIOL, L., DAGMEY, A., MORANDAT, S., SALEH, K., KIRAT, K. E., and NESTERENKO, A., 2019. Comparative Study of Plant Protein Extracts as Wall Materials for The Improvement of The Oxidative Stability of Sunflower Oil by Microencapsulation. Food Hydrocolloids, (95): 105-115.

MADENE, A., JACQUOT, M., SCHER, J., and DESORBY, S., 2006. Flavour Encapsulation and Controlles Release– a Review. International Journal Food Science Technology, 41(1): 1-21.

MAHESAR, S. A., KORI, A. H., SHERAZI, S. T. H., KANDHRO, A. A., and LAGHARI, Z. H. 2019. Pomegranate Seed Oil. In M. F. Ramadan (Ed.), Fruit oils: Chemistry and functionality, 691–709.

MAKERI, M. U., ABDULMANNAN, F., ILOWEFAH, M. A., CHIEMELA, C., BALA, S. M., and MUHAMMAD, K., 2017. Comparative Physico-Chemical, Functional and Structural Characteristics of Winged Bean [Psophocarpus Tetragonolobus DC] and Soybean [Glycine Max.] Protein Isolates. Journal of Food Measurement and Characterization, (11): 835–846.

MILLQVIST-FUREBY, A., ELOFSSON, U., and BERGENSTÅHL, B., 2001. Surface Composition of Spray-Dried Milk Protein-Stabilised Emulsions in Relation to Pre-Heat Treatment of Proteins. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 21(1-3): 47-58.

MITIC, Z., NIKOLIC, G. S., CAKIC, M., PREMOVIC, P., and ILI, L., 2009. FTIR Spectroscopic Characterisation of Cu (II) Coordination Compounds With Exopolysacchride Pullulan and Its Derivatives. Journal of Molecular Structure, 924-926, 264-273.

MIZRAHI, M. Y., FRIEDMAN-LEVI, L., LARUSH, K., FRID, O., BINYAMIN, D., DORI, N., FAINSTEIN, H., OVADIA, T., BEN-HUR, S., MAGDASSI and R. GABIZON. 2014. Pomegranate Seed Oil Nanoemulsions for The Prevention and Treatment of Neurodegenerative Diseases: The Case of Genetic CJD. Nanomedicine, 10 (6): 1353-1363.

ÖZCAN, T., ve ALTUN, B., 2013. Süt Ürünlerinde Probiyotik Bakterilerin Mikroenkapsülasyonu I: Enkapsülasyon Teknikleri. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2).

ÖZGÜVEN, A. I., ve YILMAZ, C., 2000. Pomegranate growing in Turkey, CIHEAM AMZ Zaragoza, 41-48.

PAULO, F., and SANTOS, L., 2017. Design of Experiments for Microencapsulation Applications: A review. Materials Science and Engineering: C, (77):1327-1340.

PEREIRA, L. M., CARMELLO-GUERREIRO, S., M., and HUBINGER, M. D., 2009. Microscopic Features, Mechanical and Thermal Properties of Osmotically Dehydrated Guavas. LWT-Food Science and Technology, 42 (1):378-384.

PEREZ-GAGO, M. B., NADAUD, P., and KROCHTA, J. M., 1999. Water vapor permeability, solubility, and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein films. Journal of Food Science, 64(6): 1034–1037.

PEZZEI, C., PALLUA J.D., SCHAEFER, G., SEIFARTH, C., HUCK-PEZZEI, V., BITTNER, K.L., KLOCKER, H., BARTSCH, G., BONNA, K.G., and HUCK, C.W., 2010. Characterization of Normal and Malignant Prostate Tissue by Fourier Transform İnfrared Microspectroscopy, Molecular BioSystems, (6): 2287–2295.

QUEK, S. Y., CHOK, N. K., and SWEDLUND, P., 2007. The Physicochemical Properties Of Spray-Dried Watermelon Powders. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 46(5): 386-392.

RANJBAR-MOHAMMADI, M., HAJIR-BAHRAMI, S., and JOGHATAEI, M., 2013. Fabrication of Novel Nanofiber Scaffolds From Gum Tragacanth/poly (vinyl alcohol) for Wound Dressing Application: in Vitro Evaluation and Antibacterial Properties. Materials Science and Engineering C, (33): 4935-4943.

REN, Z. Y., CHEN, Z. Z., ZHANG, Y. Y., ZHAO, T., YE, X. G., and GAO, X., 2019. Functional Properties and Structural Profiles of Water-Insoluble Proteins from Three Types of Tea Residues. LWT-Food Science and Technology, (110): 324–331.

RIBEIRO, A., M., SHAHGOL, M., ESTEVİNHO, B., M., and ROCHA, F., 2020. Microencapsulation of Vitamin A by Spray-Drying, Using Binary and Ternary Blends of Gum Arabic, Starch and Maltodextrin. Food Hydrocolloids, (108): 106029.

RICCI, L., UMILTÀ, E., RIGHETTI, M. C., MESSINA, T., ZURLINI, C., MONTANARI, A., BERTOLDO, M., 2018. On the Thermal Behavior of Protein Isolated from Different Legumes Investigated by DSC and TGA. Journal Of The Science Of Food And Agriculture, 98(14): 5368–5377.

SÁNCHEZ, L., SÁNCHEZ, P., CARMONA, M., DE LUCAS, A., and RODRÍGUEZ, J. F., 2008. Influence of Operation Conditions on The Microencapsulation of Pcms by Means of Suspension-Like Polymerization. Colloid and Polymer Science, 286(8–9): 1019–1027.

SÁNCHEZ, L., SÁNCHEZ, P., DE LUCAS, A., CARMONA, M., AND RODRÍGUEZ, J. F., 2007. Microencapsulation of PCMs with a Polystyrene Shell. Colloid and Polymer Science, 285(12): 1377–1385.

SÁNCHEZ-SILVA, L., RODRÍGUEZ, J. F., AND SÁNCHEZ, P., 2011. Influence of Different Suspension Stabilizers on The Preparation of Rubitherm RT31 Microcapsules. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 390(1–3): 62–66.

SARABANDI, K., MAHOONAK, A., S., HAMİSHEKAR, H., GHORBANİ, M., JAFARİ, S., M., 2018. Microencapsulation of casein hydrolysates: Physicochemical, antioxidant and microstructure properties. Journal of Food Engineering, (237): 86-95

SEZGİN, A. C., and ARTIK, N., 2017. The Fatty Acid Composition of Pomegranates Grown in Turkey. International Journal of Bioprocess & Biotechnological Advancements, 2(1): 81–87.

SHEVKANI, K., SINGH, N., KAUR, A., and RANA, J. C., 2015. Structural and Functional Characterization of Kidney Bean and Field Pea Protein Isolates: A Comparative Study. Food Hydrocolloids, (43): 679–689.

SIANO, F., ADDEO, F., VOLPE, M. G., PAOLUCCI, M., and PICARIELLO, G., 2016. Oxidative Stability of Pomegranate (*Punica granatum L.*) Seed Oil to Simulated Gastric Conditions and Thermal Stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64(44): 8369–8378.

SILVA, E. K., AZEVEDO, V. M., CUNHA, R. L., HUBINGER, M. D., and MEIRELES, M. A. A., 2016. Ultrasound-Assisted Encapsulation of annatto Seed Oil: Whey Protein Isolate Versus Modified Starch. Food Hydrocolloids, (56): 71–83.

SINGH, H., and NEWSTEAD, D. F., 1992. Aspects of Proteins in Milk Powder Manufacture. Advanced Dairy Chemistry, (1): 735-765.

SOUZA, E. L. D., LİMA, E. D. O., FREİRE, K. R. D. L., and SOUSA, C.P. D., 2005. Inhibitory Action of Some Essential Oils and Phytochemicals on the Growth of Various Moulds İsolated From Foods. Brazilian Archives of Biology and Technology, (48): 245-250.

SOYER-SARICA, Z., ve LİMAN, B. C., 2016. Ratlarda Pentaklorofenol Zehirlenmesinde Nar Çekirdeği Yağının Lipid Peroksidasyonu ve Biyokimyasal Parametrelere Etkileri. Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi, Araştırma Makalesi, 13(2): 109-119.

ŞENER, A., ÜNAL, M. Ü., 2008. Gıda Sanayii Atıklarının Biyoteknolojik Yöntemlerle Değerlendirilmesi, Türkiye 10. Gıda Kongresi, 1035, Erzurum

ŞENGÜN, F., 2019. Şanlıurfa'da Yetiştirilen Biberlerden Elde Edilen Tohum Yağının Gam Arabik ve Maltodekstrin Kompozisyonu ile Enkapsülasyonu. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 48s.

TALEKAR, S., PATTI, F. A., SINGHA, R., VIJAYRAGHAVAN, R., AROR, A., 2018. From waste to wealth: High recovery of nutraceuticals from pomegranate seed waste using a green extraction process. Industrial Crops & Products, (112): 790-802.

TAN, S., ZHONG, C., and LANGRISH, T., 2019. Microencapsulation of Pepsin in the Spray-dried WPI (Whey Protein Isolates) Matrices for Controlled Release. Journal of Food, (263): 147-154.

TANG, C.-H., and LI, X.-R., 2013. Microencapsulation properties of soy protein isolate and storage stability of the correspondingly spray-dried emulsions. Food Research International, 52(1): 419–428.

TATAR, F., TUNÇ, M. T., DERVISOGLU, M., CEKMECELİOGLU, D., and KAHYAOGLU, T., 2014. Evaluation of Hemicellulose as a Coating Material with Gum Arabic for Food Microencapsulation. Food Research International, (57): 168-175.

TEKGÜL, Y., KÖK, F., 2011. Narın Sağlık Üzerine Etkileri. Hasad Gıda, (318): 26-29.

TONON, R. V., GROSSO, C.R.F., and HUBINGER, M.D., 2011. Influence of Emulsion Composition and Inlet Air Temperature on the Microencapsulation of Flaxseed Oil by Spray Drying, Food Research International, 44(1): 282–289.

TONTUL, İ., and TOPUZ, A., 2013. Mixture Design Approach in Wall Material Selection and Evaluation of Ultrasonic Emulsification in Flaxseed Oil Microencapsulation. Drying Technology, 31(12): 1362-1373.

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. Inn. Food Sci. Emerg. Technol, (6): 29–35.

VAIDYA, S., BHOSALE, R., and SINGHAL, R.S., 2006. Microencapsulation of Cinnamon Oleoresin by Spray Drying Using Different Wall Materials. Drying Technology, 24(8): 983-992.

VARDİN, H., 2000. Harran Ovasında Yetişen Değişik Nar Çeşitlerinin Gıda Sanayiinde Kullanım Olanakları Üzerine Bir Çalışma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 117s.

VARDİN, H., and YASAR, M., 2012. Optimisation of Pomegranate (*Punica Granatum L.)* Juice Spray Drying as Affected by Temperature and Maltodextrin Content. International Journal of Food Science & Technology, 47(1): 167-176.

VROEGRIJK, I. O. C. M., DIEPEN, J. A., BERG. S., WESTBROEK. I., KEIZER. H., GAMBELLI, L., HONTECİLLAS, R., BASSAGANYA-RİERA. J., ZONDAG, G. C. M., ROMIJN. A. J., HAVEKES, L. M., and VOSHOL. P. J., 2011. Pomegranate Seed Oil, a Rich Source of Punicic Acid, Prevents Diet-İnduced Obesity and Insulin Resistance in Mice. Food and Chemical Toxicology, (49): 1426–1430.

WANG, W., MA, X., JIANG, P., HU, L., ZHI, Z., CHEN, J., … and LIU, D., 2016. Characterization of Pectin from Grapefruit Peel: A Comparison of Ultrasound-Assisted and Conventional Heating Extractions. Food Hydrocolloids, (61): 730–739.

YAĞCI, S., ALTAN, A., GÖGÜS, F., MASKAN, M., 2006. Gıda Atıklarının Alternatif Kullanım Alanları, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 499.

YANG, J., CHI, Y., BURKHARDT, B.R., GUAN, Y. and WOLF, B.A., 2010. Leucine Metabolism in Regulation of Insulin Secretion from Pancreatic Beta Cells. Nutr. Rev. 68 (5): 270–279.

YILMAZ E., 2011. Gıda Yan Ürünleri Teknolojisi. Ders Notları. Çanakkale.

ZHANG, L., XİE, W., ZHAO, X., LİU, Y., and GAO, W. 2009. Study on the Morphology, Crystalline Structure and Thermal Properties of Yellow Ginger Starch Acetates with Different Degrees of Substitution. Thermochimica Acta, 495(1-2): 57-62.

ZHISHEN, J., MENGCHENG, T., and JIANMING, W., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, (64): 555–559.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : **Melike YÜCETEPE**
Uyruğu : **T.C**
Doğum Yeri ve Tarihi : **Eskişehir 28.07.1993**
Telefon : **+90 (551) 407 2370**
Fax :
E-mail : **yildirimmelike93@gmail.com**

EĞİTİM

Derece	Adı, İl, İlçe	Bitirme Yılı
Lise	: Kılıçarslan Anadolu Lisesi, Kütahya, Merkez	2011
Üniversite	: Ege Üniversitesi, İzmir, Bornova	2016
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Haliliye	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016-2018	Diplomalı Süt Ürünleri Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce