



## MALTODEKSTRİN-NOHUT PROTEİNİ İZOLATI MATRİSİNDE KARABİBER TOHUMU YAĞININ PÜSKÜRTMELİ KURUTMA METODU İLE ENKAPSÜLASYONU

Nadiye Pelin MANSUROĞLU<sup>1</sup>, Ebru YAZICI<sup>2</sup>, Sümeyra ÖNDER<sup>3</sup>, Aşlı CAN KARAÇA<sup>4,\*</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, Türkiye

### ÖZET

Bu çalışmada karabiber tohumu yağının maltodekstrin ve yerel üreticiden temin edilen Kabuli çeşidi nohuttan alkali ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme metodu ile elde edilen protein izolatu kullanılarak püskürtmeli kurutma metodu ile enkapsülasyonunun incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yalnızca maltodekstrin içeren kontrol numunesi ve farklı oranlarda (%1-4) nohut proteini izolatu ve %8 oranında karabiber tohumu yağı içeren emülsiyonlar hazırlanmış ve püskürtmeli kurutma metodu ile kurutulmuştur. Elde edilen karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin nem içeriği 4,7-6,5 g/100 g arasında; su aktivitesi ise 0,22-0,27 arasında değişmiştir. Formülasyonda kullanılan nohut proteini izolatu oranı arttıkça elde edilen toz ürünün nem içeriğinin düştüğü, renginin ise koyulaştığı görülmüştür. Karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin yüzey yağı %0,2-1,3 arasında; enkapsülasyon verimi ise %74,1-99,3 arasında değişmiştir. Nohut proteini izolatu kullanılarak elde edilen karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinde protein kullanılmayan kontrol numunesine göre enkapsülasyon verimi artmıştır. Bu çalışma sonucu elde edilen bulgular, maltodekstrin ve nohut proteini izolatının karabiber tohumu yağı gibi hassas uçucu yağların enkapsülasyonunda taşıyıcı matris olarak kullanılabilmesini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Nohut protein izolatu, Karabiber tohumu yağı, Püskürtmeli kurutma

## ENCAPSULATION OF BLACK PEPPER SEED OIL IN MALTODEXTRIN-CHICKPEA PROTEIN ISOLATE MATRIX WITH SPRAY DRYING METHOD

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the use of maltodextrin and alkali extracted and isoelectric-precipitated protein isolate obtained from Kabuli type local chickpeas in encapsulation of black pepper seed oil. A control sample with only maltodextrin and four different emulsions containing chickpea protein isolate (1-4%) and 8% black pepper seed oil were spray-dried. Moisture content of black pepper seed oil microcapsules changed between 4.7-6.5 g/100 g whereas their water activity ranged between 0.22-0.27. An increase in the chickpea protein isolate ratio resulted in a decrease in moisture content, however darker colour in the microcapsules increased. Surface oil of the microcapsules changed between 0.2-1.3% whereas encapsulation efficiency ranged between 74.1-99.3%. Encapsulation efficiency of microcapsules containing chickpea protein isolate was found to be higher than the control. Findings of the present study indicate that maltodextrin and protein isolate obtained from Kabuli type local chickpeas can be utilized as a matrix for encapsulation of sensitive essential oils such as black pepper seed oil.

**Keywords:** Chickpea protein isolate, Black pepper seed oil, Spray drying

### 1. GİRİŞ

Karabiber (*Piper nigrum* L.) gıdalarda yaygın olarak kullanılan, aromatik ve biyoaktif bileşenleri ile ön plana çıkan, ticari açıdan önemli bir baharattır [1]. Karabiber tohumlarından çeşitli yöntemlerle elde edilen uçucu yağlarda 300'den fazla bileşen saptanmıştır [2]. Karabiber tohumu yağının antioksidan ve antimikrobiyal etkisi ve bu etkiden sorumlu olan uçucu bileşenler rapor edilmiştir [3], [4]. Bununla birlikte, sıcaklık, ışık, oksijen gibi çevresel faktörlere karşı hassas olmaları ve hidrofobik yapıda olmaları nedeniyle uçucu yağların doğal formları ile son ürünlerde kullanımları kısıtlıdır. Bu nedenle, uçucu yağlar stabilitelelerini ve kullanım alanlarını artırmak amacıyla genellikle enkapsüle edilmektedir. Yağ bazlı bileşenlerin enkapsülasyonunda ilk basamak emülsiyon oluşturmaktır. Enkapsülasyonda kullanılan ideal bir taşıyıcı malzemenin en önemli özelliklerinden biri stabil

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: cankaraca@itu.edu.tr

Geliş / Received: 22.11.2019 Kabul / Accepted: 21.05.2020 doi: 10.28948/ngmuh.649969

N. P. Mansuroğlu, E. Yazıcı, S. Önder, A. Can Karaça

bir emülsiyon oluşturma özelliğidir [5], [6]. Proteinler emülsiyon, film ve jel oluşturma gibi fonksiyonel özellikleri sayesinde enkapsülasyon sistemlerinde taşıyıcı malzeme olarak kullanılmaktadırlar.

Son yıllarda bitkisel bazı beslenme tercihlerine yönelik eğilimin artması ve bitkisel kaynaklı hammaddelerin daha ulaşılabilir ve düşük maliyetli olması nedeniyle gıda endüstrisinde bitkisel kaynaklı proteinlere yönelik ilgi artmıştır. Baklagillerden elde edilen proteinler de gösterdikleri çeşitli fonksiyonel özellikler ile bu alanda ön plana çıkmaktadır. Nohut (*Cicer arietinum* L.), ülkemizde sıklıkla tüketilen, tohumunda %16,4-31,1 oranında protein içeren kaliteli ve ucuz protein kaynakları içerisinde yer almaktadır [7]. Ülkemizde 2018 yılında nohut 630 bin ton üretilerek toplam baklagil üretimi içerisinde en büyük payı almıştır [8]. Nohuttan asit veya alkali ile ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme, tuz ile ekstraksiyon/misel çöktürme, ultrafiltrasyon gibi çeşitli yöntemlerle elde edilen proteinlerin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir [9-15]. Bu çalışmanın amacı, nohuttan alkali ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme yöntemi ile elde edilen protein izolatının karabiber tohumu yağının püskürtmeli kurutma metodu ile enkapsülasyonunda taşıyıcı malzeme olarak kullanımının incelenmesidir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan nohut unu, Eskişehir Tepebaşı Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden temin edilen Kabuli çeşidi nohudun laboratuvar ölçekli öğütücüde öğütülmesi ile elde edilmiştir. Karabiber tohumu yağı BOS Natural Flavors (P) Ltd. (Kerala, Hindistan) firmasından, maltodekstrin DE12 ise Tate & Lyle PLC (Londra, Birleşik Krallık) firmasından temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıktadır.

### 2.2. Nohut Proteini İzolatı Eldesi

Nohut proteini izolatu, nohut unundan alkali ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme yöntemi [13] ile elde edilmiştir. Nohut unu, içeriğindeki yağın uzaklaştırılması amacıyla 1:1 oranında hekzan ile 30 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ardından filtre kağıdından geçirilmiş ve bu işlem dört kez tekrarlanmıştır. Yağı uzaklaştırılan nohut unu bir gece çeker ocakta bekletilerek kalan hekzan uçurulmuştur. Yağı alınmış una 1:10 oranında distile su eklenmiş ve ardından 1 M NaOH çözeltisi ile karışımın pH'ı 9,0'a ayarlanmıştır. Manyetik karıştırıcıda 1 saat süre ile karıştırıldıktan sonra karışım santrifüj tüplerine konularak, 4°C'de 8000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Süpernatant alınarak pH'ı 1 M HCl ile 4,5'e ayarlanmış ve santrifüj tüplerine konularak, 4°C'de 8000 rpm'de 15 dakika süreyle tekrar santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında sıvı faz uzaklaştırılırken çöken faz petri kaplarına konarak -18°C'de dondurulduktan sonra liyofilizatörde (Alpha 1-2 LD plus, Almanya) kurutulmuştur. Elde edilen toz formdaki protein izolatu sıkıca kapalı bir kap içerisinde hava almayacak şekilde 4°C'de muhafaza edilmiştir.

### 2.2. Besin Öğeleri Kompozisyonu

Çalışmada kullanılan nohut unu ve bu undan elde edilen nohut proteini izolatının besin öğeleri kompozisyonunun belirlenmesinde AOAC (2003) resmi metotları [16] esas alınmıştır. Toplam nem (Metot No: 925.10) ve kül içeriği (Metot No: 923.03) gravimetrik yöntemle, toplam yağ içeriği (Metot No: 920.85) Soxhlet cihazı ile, toplam protein içeriği ise (N×6.25) (Metot No: 920.87) Keldahl cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Karbonhidrat içeriği kompozisyon 100 g'a tamamlanacak şekilde farktan hesaplanmıştır.

### 2.3. Emülsiyonların Hazırlanması

Çalışma kapsamında Tablo 1'de belirtilen malzemeleri içeren beş farklı emülsiyon hazırlanmıştır. Nohut proteini izolatu kullanımının enkapsülasyon verimi üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla emülsiyonun yağ ve kuru madde içeriği sabit tutulmuş; yalnızca nohut proteini izolatu değişen oranlarda (%0-4) kullanılmıştır. Emülsiyonlar hazırlanırken öncelikle maltodekstrin ve nohut proteini izolatu çözeltisi hazırlanmış, pH değeri 0.1 M NaOH ile 7,0'ye ayarlanarak 1 saat süre ile manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ardından karabiber tohumu yağı eklenerek Ultra-Turrax T18 homojenizatör (IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Almanya) ile 7200 rpm'de 5 dakika boyunca homojenize edilmiştir.

**MALTODEKSTRİN-NOHUT PROTEİNİ İZOLATI MATRİSİNDE KARABİBER TOHUMU YAĞININ PÜSKÜRTMELİ KURUTMA METODU İLE ENKAPSÜLASYONU****Tablo 1.** Karabiber tohumu yağının püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonunda kullanılan emülsiyon formülasyonları.

Deney	Karabiber Tohumu Yağı (%)	Protein (%)	Maltodekstrin (%)	Su (%)
1	8	0	30	62
2	8	1	29	62
3	8	2	28	62
4	8	3	27	62
5	8	4	26	62

**2.4. Püskürtmeli Kurutma İşlemi**

Emülsiyon numuneleri 1kg h<sup>-1</sup> su evaporasyon kapasitesine sahip laboratuvar ölçekli Büchi B-290 (Büchi, Flawil, İsviçre) püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuştur. Hava giriş sıcaklığı 140°C, çıkış sıcaklığı 80 ± 3°C, akış hızı ise 12 g dk<sup>-1</sup> olacak şekilde ayarlanmıştır. Beher içerisinde bulunan emülsiyon püskürtmeli kurutucuya bir peristaltik pompa vasıtasıyla beslenmiş ve akış hızı pompa ayarı ile kontrol edilmiştir. Püskürtmeli kurutma işlemi süresince homojen yapının korunması için emülsiyon manyetik karıştırıcı yardımı ile karıştırılmıştır. Toplama kabında biriken ve kurutma haznesinden fırçalanarak alınan toz ürün birleştirilerek hava almayacak şekilde paketlenmiş ve analiz edilene dek 4°C’de muhafaza edilmiştir.

**2.5. Karabiber Tohumu Yağı Mikrokapsüllerinin Karakterizasyonu**

Püskürtmeli kurutma işlemi ile elde edilen karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin nem içeriği Shimadzu infrared nem tayini cihazı (Shimadzu, Kyoto, Japonya) ile, su aktivitesi ise Protimeter su aktivitesi ölçüm cihazı (Protimeter, Amphenol Thermometrics, St. Mary's, ABD) ile ölçülmüştür. Renk ölçümü Konica Minolta Chroma Meter CR-400 renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin yüzey yağı Liu ve diğ. [17]’nin metoduna göre belirlenmiştir. Yaklaşık 2 g mikrokapsül 30 mL heksan içerisinde disperse edilmiş ve 30 sn süreyle hızlıca karıştırılmıştır. Ardından solvent Whatman No. 1 filtre kağıdı ile bir behere süzülmuş ve döner buharlaştırıcı ile uzaklaştırılmıştır. Beher kalan solventi uzaklaştırmak için 60°C’de sabit ağırlığa gelene dek tutulduktan sonra geride kalan yağ miktarı gravimetrik olarak ölçülmüştür. Toplam yağ Klinkesorn ve diğ. [18]’nin metoduna göre belirlenmiştir. Yaklaşık 2 g mikrokapsüle 8 mL distile su eklenmiş ve 300 rpm’de 2 dk süreyle karıştırılmıştır. Ardından karışıma 40 mL heksan/2-propanol (3:1) eklenmiş, 300 rpm’de 15 dk süreyle karıştırılmış ve 3000 rpm’de 2 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Temiz organik faz ayrılmış ve su fazı tekrar solvent karışımı ile ekstrakte edilmiştir. Santrifüj sonrasında organik fazlar birleştirilmiş, susuz Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile filtre edilmiş ve solvent uzaklaştırılmıştır. Beher 60°C’de sabit ağırlığa gelene dek tutulduktan sonra toplam yağ gravimetrik olarak ölçülmüştür. Enkapsülasyon verimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır [19]:

$$\text{Enkapsülasyon Verimi (\%)} = \frac{\text{Toplam yağ} - \text{Yüzey yağı}}{\text{Toplam yağ}} \times 100 \quad (1)$$

**2.6. İstatistiksel Analiz**

Tüm ölçümler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz için SPSS (Versiyon 15, IBM, ABD) programı kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar Tek-Yollu ANOVA ve Scheffe Testi ile  $p < 0.05$  önem düzeyinde belirlenmiştir.

**3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Çalışmamızda yerel üreticilerden temin edilip öğütülerek elde edilen nohut ununun ve bu undan alkali ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme metodu ile elde edilen nohut proteini izolatının besin öğeleri kompozisyonu Tablo 2’de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan nohut ununun protein içeriği (~%22,1), literatürde nohut için belirtilen protein oranlarına (%14,9-24,6) benzer bulunmuştur [20]. Nohut unundan alkali ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme metodu ile elde edilen protein izolatının protein içeriği ise ~%86,8 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Kaur ve Singh [11] alkali ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme metoduyla elde ettikleri nohut proteini izolatlarının protein içeriğini %89,9-94,4 arasında bulmuşlardır. Öte yandan, Can Karaca ve diğ. [13] yine aynı metotla elde edilen nohut proteini izolatının protein içeriğini %85,4 olarak rapor etmiştir. Baklagillerden protein ekstraksiyonunda ekstraksiyon verimi çalışılan hammadde türü, ekstraksiyon metodu, un:solvent oranı, sıcaklık, pH, süre

N. P. Mansuroğlu, E. Yazıcı, S. Önder, A. Can Karaça

gibi çeşitli faktörlerden etkilenmekle beraber; çalışmamızda elde edilen nohut proteini izolatının protein içeriğinin literatürdeki çalışmalarda rapor edilen değerlere benzer olduğu görülmektedir.

**Tablo 2.** Nohut unu ve nohut proteini izolatının besin öğeleri kompozisyonu<sup>1</sup>.

	Nem (g/100 g)	Protein (g/100 g)	Yağ (g/100 g)	Karbonhidrat <sup>2</sup> (g/100 g)	Kül (g/100 g)
Nohut unu	10,5 ± 0,2	22,1 ± 0,1	5,7±0,0	58,8	2,9 ± 0,1
Nohut proteini izolatu	3,8 ± 0,4	86,8 ± 0,9	0,9 ±0,1	5,2	3,3 ± 0,1

<sup>1</sup> Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma şeklinde rapor edilmiştir.

<sup>2</sup> Karbonhidrat içeriği farktan hesaplanmıştır.

Çalışmamızda nohut protein izolatu kullanımının karabiber tohumu yağının enkapsülasyonu üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla beş farklı emülsiyon (Tablo 1) hazırlanmış ve püskürtmeli kurutma metodu ile kurutulmuştur. Karabiber tohumu yağı emülsiyonlarında yağ ve kuru madde içeriği sabit tutulmuş; yalnızca nohut proteini izolatu değişen oranlarda (%0–4) kullanılmıştır. Püskürtmeli kurutma metodu ile elde edilen toz formdaki karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin nem içeriği, su aktivitesi değerleri ve renk parametreleri Tablo 3'te sunulmuştur. Çalışmamızda elde edilen karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin nem içeriğinin 4,7-6,5 g/100 g arasında; su aktivitesi değerlerinin ise 0,22-0,27 arasında değiştiği görülmüştür. Emülsiyonda kullanılan nohut proteini izolatu oranı arttıkça elde edilen toz ürünün nem içeriği düşerken ( $p<0,05$ ); su aktivitesi değerleri ise protein oranından etkilenmemiştir ( $p>0,05$ ).

Karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin renk ölçümünde kullanılan CIE renk parametreleri  $L^*$  ( $L^* = 0$ ; koyu ve  $L^* = 100$ ; parlak),  $a^*$  ( $-a^*$ ; yeşillik ve  $+a^*$ ; kırmızılık) ve  $b^*$  ( $-b^*$ ; mavilik ve  $+b^*$ ; sarılık) değerleridir [21]. Çalışmamızda elde edilen mikrokapsüllerin  $L^*$  değerleri 76,43 ila 83,07 arasında değişmektedir. Formülasyonda kullanılan nohut proteini izolatu oranı arttıkça  $L^*$  değerinin düştüğü; dolayısıyla koyuluğun arttığı görülmüştür. Özellikle %3 ve 4 oranında nohut proteini izolatu içeren numunelerin  $L^*$  değeri protein içermeyen kontrol numunesinden düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla -3,44 ila -2,35 ve 10,67 ila 17,32 arasında değişmektedir. Nohut proteini izolatu oranı arttıkça  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin de arttığı; bir başka deyişle yeşil renk görünümünün azaldığı ve ürünün daha sarımsı bir görünüm aldığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 3.** Karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin nem içeriği, su aktivitesi ve renk parametreleri<sup>1</sup>.

Protein (%)	Nem (g/100 g)	Su aktivitesi	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	6,5 ± 0,3 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	83,07 ± 2,10 <sup>a</sup>	-3,44 ± 0,02 <sup>b</sup>	10,67 ± 0,40 <sup>d</sup>
1	5,6 ± 0,3 <sup>ab</sup>	0,23 ± 0,02 <sup>a</sup>	79,30 ± 2,77 <sup>ab</sup>	-3,27 ± 0,28 <sup>b</sup>	14,90 ± 0,14 <sup>bc</sup>
2	5,3 ± 0,4 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,03 <sup>a</sup>	80,11 ± 1,26 <sup>ab</sup>	-2,68 ± 0,06 <sup>a</sup>	14,22 ± 0,67 <sup>c</sup>
3	4,7 ± 0,2 <sup>b</sup>	0,22 ± 0,02 <sup>a</sup>	76,79 ± 0,42 <sup>b</sup>	-2,73 ± 0,06 <sup>a</sup>	17,32 ± 0,20 <sup>a</sup>
4	4,7 ± 0,5 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>a</sup>	76,43 ± 0,68 <sup>b</sup>	-2,35 ± 0,08 <sup>a</sup>	16,30 ± 1,05 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup> Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma şeklinde rapor edilmiştir.

Karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin yüzey yağı ve enkapsülasyon verimi değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Yağ bazlı gıda bileşenlerinin enkapsülasyonunda ürün stabilitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri de yüzey yağıdır. Ürün yüzeyindeki serbest yağ ortam koşullarına maruz kaldığında çok daha kolay okside olarak ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [22]. Bu nedenle yüzey yağının mümkün olduğunca düşük, enkapsülasyon veriminin ise yüksek olması enkapsülasyon işleminin başarılı olduğunu gösteren parametrelerden biridir. Çalışmamızda karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin yüzey yağı %0,2-1,3 arasında; enkapsülasyon verimi ise %74,1-99,3 arasında değişmiştir. Nohut proteini izolatu kullanılarak elde edilen karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinde protein kullanılmayan kontrol formülasyonuna göre yüzey yağı azalmış ve enkapsülasyon verimi artmıştır ( $p<0,05$ ). Buna ek olarak, emülsiyonda kullanılan protein oranı arttıkça enkapsülasyon veriminin de arttığı görülmektedir. Nohut proteini izolatının enkapsülasyon verimini artırıcı etkisi emülsiyon oluşturma özelliklerinin iyi olmasından kaynaklanmaktadır. Keten tohumu yağının nohut veya mercimek proteini kullanılarak püskürtmeli kurutma metodu ile enkapsüle edildiği bir çalışmada nohut proteini kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin enkapsülasyon veriminin ortalama %86,3 olduğu bildirilmiştir [23]. Nohut proteini ve yüksek metoksilli pektin kullanılarak *buriti* (*Mauritia flexuosa*) yağının püskürtmeli kurutma metodu ile enkapsüle edildiği bir diğer çalışmada ise enkapsülasyon verimi %81,9-91,6 aralığında değişmiştir [24]. Püskürtmeli kurutma işleminde taşıyıcı malzeme olarak protein kullanıldığında kurutma işleminde gözlenen verim artışı, protein moleküllerinin kısmi denatürasyonu ile hidrofobik etkileşimlerin artması sonucu partikül yüzeyinde oluşan proteince zengin koruyucu film sayesinde partiküllerin birbirlerine ve kurutma odasının iç yüzeyine yapışmasının engellenmesine bağlanmaktadır [25], [26].

**MALTODEKSTRİN-NOHUT PROTEİNİ İZOLATI MATRİSİNDE KARABİBER TOHUMU YAĞININ PÜSKÜRTMELİ KURUTMA METODU İLE ENKAPSÜLASYONU****Tablo 4.** Karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinin yüzey yağı ve enkapsülasyon verimi<sup>1</sup>.

Protein (%)	Yüzey yağı (%)	Enkapsülasyon verimi (%)
0	1,3±0,1 <sup>a</sup>	74,1±0,5 <sup>c</sup>
1	0,4±0,2 <sup>b</sup>	90,6±0,4 <sup>b</sup>
2	0,3±0,1 <sup>b</sup>	98,6±0,5 <sup>a</sup>
3	0,2±0,1 <sup>b</sup>	98,9±0,3 <sup>a</sup>
4	0,3±0,1 <sup>b</sup>	99,3±0,4 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Sonuçlar üç ölçümün ortalaması ± standart sapma şeklinde rapor edilmiştir.**4. SONUÇLAR**

Bu çalışmada, maltodekstrin ve yerel üreticiden temin edilen Kabuli çeşidi nohuttan alkali ekstraksiyon/izoelektrik çöktürme metodu ile elde edilen protein izolatının karabiber tohumu yağının püskürtmeli kurutma metodu ile enkapsülasyonunda taşıyıcı malzeme olarak kullanımı araştırılmıştır. Karabiber tohumu yağı emülsiyonlarında kullanılan nohut proteini izolatı oranı arttıkça toz ürünün nem içeriğinin düştüğü, renginin ise koyulaştığı görülmüştür. Nohut proteini izolatı kullanılarak elde edilen karabiber tohumu yağı mikrokapsüllerinde protein kullanılmayan kontrol numunesine göre enkapsülasyon verimi artmıştır. Bu çalışma sonucu elde edilen bulgular, maltodekstrin ve nohut proteini izolatının uçucu yağ gibi hassas ürünlerin püskürtmeli kurutma metodu ile enkapsülasyonunda taşıyıcı malzeme olarak kullanılma potansiyelini ortaya koymaktadır.

**TEŞEKKÜR**

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nin sağladığı destekle (Proje No: 41568) gerçekleştirilmiştir. Püskürtmeli kurutma deneylerinde verdiği destek için Gıda Yük. Müh. Evren DEMİRCAN'a teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- [1] M. Abukawsar, M. Saleh-e-In, A. Ahsan, M. Rahim, N. H. Bhuiyan, S. K. Roy, A. Ghosh and S. Naher, "Chemical, pharmacological and nutritional quality assessment of black pepper (*Piper nigrum* L.) seed cultivars", *Journal of Food Biochemistry*, vol. 42, pp. 1-21, 2018.
- [2] Z. L. Cardeal, M. D. R. G. da Silva and P. J. Marriott, "Comprehensive two-dimensional gas chromatography/mass spectrometric analysis of pepper volatiles", *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, vol. 20, pp. 2823-2836, 2006.
- [3] H. J. D. Dorman and S. G. Deans, "Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils", *Journal of Applied Microbiology*, vol. 88, pp. 308-316, 2000.
- [4] G. Singh, P. Marimuthu, C. Catalan and M. P. deLampasona, "Chemical, antioxidant and antifungal activities of volatile oil of black pepper and its acetone extract", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 84, pp. 1878-1884, 2004.
- [5] K. G. H. Desai and H. J. Park, "Recent developments in microencapsulation of food ingredients", *Drying Technology*, vol. 23, pp. 1361-1394, 2005.
- [6] D. J. McClements, E. A. Decker and J. Weiss, "Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components", *Journal of Food Science*, vol. 72, pp. 109-124, 2007.
- [7] S. Şehirli, *Yemeklik Tane Baklagiller*, Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1988.
- [8] Türkiye İstatistik Kurumu, "Bitkisel Üretim İstatistikleri". [online]. Erişim: www.tuik.gov.tr [erişim tarihi 15.11.2019].
- [9] A. L. Romero-Baranzini, G. A. Yanez-Farias and J. M. Barron-Hoyos, "A high protein product from chickpeas (*Cicer arietinum* L.) by ultrafiltration, preparation and functional properties", *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 19, pp. 319-329, 1995.
- [10] R. Sanchez Vioque, A. Clemente, J. Vioque, J. Bautista and F. Millan. "Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization", *Food Chemistry*, vol. 64, pp. 237-243, 1999.

- [11] M. Kaur and N. Singh, “Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars”, *Food Chemistry*, vol. 102, pp. 366-374, 2007.
- [12] J. I. Boye, S. Aksay, S. Roufik, S. Ribéreau, M. Mondor, E. Farnworth and S. H. Rajamohamed, “Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques”, *Food Research International*, vol. 43, pp. 537-546, 2010.
- [13] A. Can Karaca, N. Low and M. Nickerson, “Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction”, *Food Research International*, vol. 44, pp. 2742-2750, 2011.
- [14] L. Y. Aydemir and A. Yemenicioglu, “Potential of Turkish Kabuli type chickpea and green and red lentil cultivars as source of soy and animal origin functional protein alternatives”, *LWT-Food Science and Technology*, vol. 50, pp. 686-694, 2013.
- [15] A. M. Ghribi, I. M. Gafsi, C. Blecker, S. Danthine, H. Attia and S. Besbes, “Effect of drying methods on physico-chemical and functional properties of chickpea protein concentrates”, *Journal of Food Engineering*, vol. 165, pp. 179-188, 2015.
- [16] AOAC, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA., USA, 2003.
- [17] S. Liu, N. H. Low and M. Nickerson, “Entrapment of flaxseed oil within gelatin-gum Arabic capsules”, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 87, pp. 809-815, 2010.
- [18] U. Klinkesorn, P. Sophanodora, P. Chinachoti, E. A. Decker and D. J. McClements, “Characterization of spray-dried tuna oil emulsified in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition”, *Food Research International*, vol. 39, pp. 449-457, 2006.
- [19] S. H. Anwar and B. Kunz, “The influence of drying methods on the stabilization of fish oil microcapsules: Comparison of spray granulation, spray drying, and freeze drying”, *Journal of Food Engineering*, vol. 105, pp. 367-378, 2011.
- [20] J. A. Duke, “Handbook of legumes of world economic importance”, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Plenum Press, N.Y., 52-57, 1981.
- [21] R. Baixauli, A. Salvador and S. Fiszman, “Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch”, *European Food Research and Technology*, vol. 226, pp. 523-530, 2008.
- [22] S. Quispe-Condori, M. D. Saldaña and F. Temelli, “Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze drying”, *LWT-Food Science and Technology*, vol. 44, pp. 1880-1887, 2011.
- [23] A. Can Karaca, N. Low and M. Nickerson, “Encapsulation of flaxseed oil using a benchtop spray dryer for legume protein-maltodextrin microcapsule preparation”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 61, pp. 5148-5155, 2013.
- [24] P. Moser, S. Ferreira and V. R. Nicoletti, “Buriti oil microencapsulation in chickpea protein-pectin matrix as affected by spray drying parameters”, *Food and Bioprocess Processing*, vol. 117, pp. 183-193, 2019.
- [25] B. Adhikari, T. Howes, B. R. Bhandari and T. A. G. Langrish, “Effect of addition of proteins on the production of amorphous sucrose powder through spray drying”, *Journal of Food Engineering*, vol. 94, pp. 144-153, 2009.
- [26] Z. X. Fang, B. Bhandari, “Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice”, *Food Research International*, vol. 48, pp. 478-483, 2012.

