



## KUŞBURNU (*Rosa canina*) FENOLİK BİLEŞİKLERİNİN MİKROENKAPSÜLASYONU

Furkan Erdem, Eda Nur Gündoğan, Merve Silanur Yılmaz\*,  
İrem Sezgin, Yağmur Summakoğlu, Özge Şakıyan  
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Geliş / Received: 27.02.2021; Kabul / Accepted: 02.07.2021; Online baskı / Published online: 14.07.2021

Erdem, F., Gündoğan, E.N., Yılmaz, M.S., Sezgin, İ., Summakoğlu, Y., Şakıyan, Ö. (2021). Kuşburnu (*Rosa canina*) fenolik bileşiklerinin mikroenkapsülasyonu. GIDA (2021) 46 (4) 1026-1039 doi: 10.15237/gida.GD21046

Erdem, F., Gündoğan, E.N., Yılmaz, M.S., Sezgin, İ., Summakoğlu, Y., Şakıyan, Ö. (2021). Microencapsulation of rosehip (*Rosa canina*) phenolic compounds. GIDA (2021) 46 (4) 1026-1039 doi: 10.15237/gida.GD21046

### ÖZ

Bu çalışmada, kuşburnu bitkisinde bulunan fenolik bileşiklerin mikroenkapsülasyonu sırasında kaplama materyali çeşidinin ve çekirdek:kaplama materyali oranının enkapsülasyon verimi ve ısıl stabilite üzerine etkileri incelenmiştir. Kaplama materyali olarak maltodekstrin ve gam arabik kullanılmıştır ve her iki kaplama materyali de fenolik ekstrakt tozları ile ağırlıkça 1:20 ve 1:30 oranlarında karıştırılmıştır. Mikroenkapsülasyon işlemi dondurarak kurutma yoluyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen mikroenkapsüller ısıl stabilitelerinin değerlendirilmesi amacıyla kek hamuruna ilave edilerek pişirme işlemi uygulanmış ve pişirme işlemi sonundaki ısıl stabiliteyi incelenmiştir. En yüksek enkapsülasyon verimi için en uygun kaplama materyalinin gam arabik, çekirdek:kaplama materyali oranının ise 1:20 olduğu belirlenmiştir. Mikroenkapsülasyon işleminin, kullanılan kaplama materyali ve çekirdek:kaplama materyali oranından bağımsız, ısıl stabiliteyi arttırdığı tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ). En yüksek ısıl stabilite kaplama materyali olarak gam arabik, çekirdek:kaplama materyali oranı olarak da 1:30 kullanıldığında elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Mikroenkapsülasyon, kuşburnu, ısıl stabilite, verim

## MICROENCAPSULATION OF ROSEHIP (*Rosa canina*) PHENOLIC COMPOUNDS

### ABSTRACT

In this study, the effects of coating material type and core:coating material ratio on encapsulation efficiency and thermal stability of microencapsulated phenolic compounds found in rosehip plant were investigated. Maltodextrin and gum arabic were used as coating materials and both materials were mixed with phenolic extract powders in ratios of 1:20 and 1:30 by weight. The microencapsulation process was carried out by freeze-drying. In order to evaluate the thermal stability of microencapsules, they were added to the cake dough and after baking process, their thermal

\* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author;

✉merveyilmaz@ankara.edu.tr

☎ (+90) 312 203 3300/3642

☎ (+90) 312 317 8711

Furkan Erdem; ORCID no:0000-0003-3106-1525

Eda Nur Gündoğan; ORCID no:0000-00001-6005-7605

Merve Silanur Yılmaz; ORCID no:0000-0002-3184-1780

İrem Sezgin; ORCID no:0000-0002-3399-3585

Yağmur Summakoğlu; ORCID no:0000-0003-2661-5436

Özge Şakıyan; ORCID no: 0000-0002-0778-8211

stability was examined. The most suitable coating material and core:coating material ratio, which resulted in the highest encapsulation efficiency, were gum arabic and 1:20, respectively. The microencapsulation process was found to increase the thermal stability regardless of coating material and core:coating ratio ( $P < 0.05$ ). The highest thermal stability was obtained when gum arabic was used as coating material and 1:30 was used as a core:coating material ratio.

**Keywords:** Microencapsulation, rosehip, thermal stability, yield

### GİRİŞ

*Rosaceae* familyasının *Rosa* cinsine ait olan Kuşburnu (*Rosa canina* L.), Türkiye'nin pek çok yöresinde rahatlıkla yetişebilen yabani gül türlerinin yalancı meyvelerine verilen isimdir (Güler, 1997). Kuşburnu meyvesi, diğer meyvelerle karşılaştırıldığında C vitamini ve fenolik bileşik içeriğinin daha zengin olduğu görülmüştür (Öz vd., 2018). Yapısında bulunan askorbat, beta-karoten, tokoferol, antosiyanin ve diğer fenolik bileşikler sayesinde yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Stanila vd., 2015). Dünyada yaygın kullanım alanları çay ve reçel üretimi olmakla birlikte, bebek mamasından likör üretimine kadar pek çok uygulaması söz konusu olmasına rağmen yine de kullanımı azdır (Çağlar ve Demirci, 2017). Türkiye'nin hemen her yerinde rahatlıkla yetişebilen kuşburnu meyvesinin kullanım alanı ülkemizde çay ve reçel üretiminden ileri gitmemiştir (Öz vd., 2018).

Kuşburnu meyvesine olan ilginin az olmasına karşın, yapısındaki biyoaktif bileşiklerin önemli bir bölümünü oluşturan fenolik bileşiklere olan ilgi oldukça yüksektir (Ercişli, 1996; Apak vd., 2007; Guimarães vd., 2013). Fenolik bileşiklerin antiinflamatuvar etkisi, antioksidan aktivitesi, antikarsinojen özelliği, antimikrobiyal ve antitumörjenik etkileri, yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir. (Orhan vd., 2007; Wenzig vd., 2008; Barros vd., 2011; Guimarães vd., 2013; Jesus vd., 2020). Farklı kuşburnu türlerinde yapılan çeşitli çalışmalarda en yüksek fenolik bileşik içeriğine *Rosa canina* L. serotipinde rastlanmıştır (Ercişli, 2007; Murathan vd., 2016). Kuşburnunda bulunan fenolik bileşiklerin başında floroglusinol, quercetin, gallik asit, kafeik asit gelmekte ve büyük bir kısmını apigenin oluşturmaktadır (Stanila vd., 2015; Bhave vd. 2017; Fetni vd., 2020). Bunların yanında kateşin, resveratrol ve klorojenik asit de az miktarda bulunmaktadır (Fetni vd., 2020). Fenolik bileşikler; ışık, oksijen, nem ve sıcaklık gibi oksidasyona sebep olan çevresel etmenlere

karşı oldukça dayanıksızdır (Ballesteros vd., 2017). Bu yüzden, enkapsülasyon işleminin uygulanması ile depolama stabilitelerinin artırılması, termal dayanıklılığının geliştirilmesi ve yapının güçlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Enkapsülasyon işlemi ile bir bileşen, başka bir madde ile kaplanarak bu maddenin içine hapsedilir. Kapsüllerin dış katmanı kaplama materyali, kaplanan materyal ise çekirdek olarak isimlendirilir (Madene vd., 2006). Fenolik bileşiklerde enkapsülasyon, çekirdek materyalin çevresel etmenlere karşı güçlendirilmesi ve reaksiyon stabilitesinin artırılması amacıyla uygulanabildiği gibi bileşiklerin sebep olduğu acı tat ve kokunun maskelenmesi amacıyla da uygulanır (Desai ve Park, 2005). Kullanılacak kaplama materyalinin çekirdek ile uyumlu olması ve reaksiyona sebep olmaması önemlidir. Bu özellikleri sebebiyle maltodekstrin, gam arabik, hidrofobik modifiye nişasta ve kitozan gibi polisakkaritler sıklıkla kaplama materyali olarak tercih edilmektedir (Gouin, 2004; Madene vd., 2006; Ballesteros vd., 2017). Bunların yanı sıra, meyve sularının enkapsülasyonunda maltodekstrin ve gam arabik en sık kullanılan kaplama materyalleridir (Kuck ve Noreña, 2016).

Polisakkarit ve glikoproteinlerin bir karışımı olan gam arabik; sudaki yüksek çözünürlüğü, düşük viskozitesi ve emülsiyon kapasitesinin yüksek olması sebebiyle tercih edilmektedir (Cano-Chauca vd., 2005). Ayrıca, gam arabik içeren karışımların uzun süre ısıtılma maruz bırakılmasıyla proteinli bileşikler çöker ve gamın emülsiyon kabiliyeti artar (López-Franco vd., 2015). Maltodekstrin ise nişasta hidrolizi sonucu ortaya çıkan ve son derece ucuz bir polisakkarittir (Tonon vd., 2009). Polisakkarit olmasına karşın organik çözücülerde çok az çözünür ve bu özelliği ve ucuz olması sebebiyle çok tercih edilir (Khoee ve Yaghoobian, 2017).

Enkapsülasyon uygulaması genellikle kurutma teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir. Püskürterek ve dondurarak kurutma, en sık kullanılan iki yöntemdir (Silva vd., 2014). Püskürterek kurutma ucuz ve geniş bir kullanım alanı sunması, işlenen ürüne zarar vermeden çalışabilmesi sebebiyle sık tercih edilir (Wen vd., 2014). Buna karşın dondurarak kurutma, vakum altında ve -55 °C gibi düşük sıcaklıklarda yapılması sebebiyle masraflıdır ancak suyun uzaklaştırılması düşük basınç ve sıcaklıkta gerçekleştirildiği için hücre ve yapısal bileşenler asgari düzeyde zarar görür (Gouin, 2004; Ballesteros vd., 2017). Dondurarak kurutmanın bu özelliği, fenolik bileşikler gibi hassas maddelerin enkapsülasyonunda tercih edilmesinde önemli bir nedendir (Asami vd., 2003; Wen vd., 2014; Ballesteros vd., 2017).

Bu çalışmada, kuşburnu meyvesinden elde edilen fenolik bileşiklerin maltodekstrin ve gam arabik olmak üzere iki farklı kaplama materyali kullanılarak dondurarak kurutma yöntemi ile enkapsülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Farklı oranlarda kullanılan kaplama materyallerinin, fenolik bileşiklerin ısıl stabiliteyi üzerine etkisi araştırılmıştır. Mikroenkapsüllerin ısıl stabilitesinin değerlendirmesi amacıyla kapsüller, model gıda olarak kullanılan kek hamurunun içine ilave edilmiş ve en uygun kaplama materyali ile uygun kaplama oranı belirlenmiştir. Böylece, içeriğindeki fenolik bileşiklerin korunması sağlanarak ilave edildiği ürünlerin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu çalışmada kullanılan kuşburnu meyveleri (*Rosa canina*), Ankara'daki yerel marketlerden kuru halde temin edilmiştir. Kuru haldeki kuşburnu örnekleri, tane içindeki tüylerin uzaklaştırılmasının ardından çekirdekleriyle birlikte öğütülerek toz haline getirilmiş ve 1180 µm'lik elekten geçirildikten sonra +4 °C'de polietilen ambalaj içinde saklanarak depolanmıştır.

Çalışmada kullanılan gallik asit (Sigma-Aldrich), Folin-Ciocalteu reaktifi (Merck), metanol (Merck), etanol (Merck), asetik asit (Merck) ve

sodyum karbonat (Merck) analitik saflıktadır. Enkapsülasyon işlemi için ise gam arabik (akasya gamı) (Alfasol) ve maltodekstrin (Dekstroz eşdeğeri 10-12) (Alfasol) kullanılmıştır. Kek hamuru için kullanılan tuz, kabartma tozu, süt tozu, yumurta akı tozu, kabartma tozu ve un ise Ankara'daki yerel marketlerden temin edilmiştir.

## Yöntem

### Ekstraksiyon işlemi

Toz haldeki kuşburnu örnekleri, ekstraksiyon işlemi için 1.25:25 (ağırlık:ağırlık (w:w)) oranında çözgen ile karıştırılmış ve çözgen olarak distile su kullanılmıştır. Örnekler, üç kademeli bir soğutma düzeneği ile desteklenmiş mikrodalga ekstraksiyon (General Electric Company, Diegem, Belçika) sistemi ile 360 W mikrodalga gücünde 15 dk. süre ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sürenin belirlenmesinde, ön-denemeler sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı dikkate alınmıştır, bu değerin sabitlendiği nokta ekstraksiyon işleminin tamamlandığı nokta olarak belirlenmiştir. Mikrodalga ekstraksiyon işlemi sonunda bitki ekstraktlarının ortalama sıcaklığı 82 °C olarak ölçülmüştür. Elde edilen ekstraktlar gözenek çapı 20 µm olan kaba filtre kağıdı ile filtre edilmiş, amber renkli şişelere doldurulmuş ve dondurarak kurutma işlemi için -18 °C'de dondurulmuşlardır.

### Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon) işlemi

Liyofilizasyon işlemi, dondurulmuş örneklerde liyofilizatörde (Taption Group Co. Ltd., Amerika) -55 °C'de, 50 Pa vakum altında, 24 saat süresince yapılmıştır. Toz haline getirilen liyofilize örnekler amber renkli cam şişelerde enkapsülasyon işlemine kadar +4 °C'de depolanmıştır ve liyofilizasyon verimi 0.45 g kuru ekstrakt/100 mL karışım olarak hesaplanmıştır. Bu değer; liyofilizatör işlemi sonucu elde edilen kuru örnek miktarının başlangıçtaki sıvı ekstrakt hacmine bölünmesiyle elde edilmiştir.

### Mikroenkapsülasyon işlemi

Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan çekirdek:kaplama materyali oranları ve kek yapımında kullanılan mikroenkapsül tozu miktarı yapılan ön denemelerle belirlenmiştir. Kaplama materyali olarak kullanılan maltodekstrin ve gam

arabik, ağırlıkça %10 olacak şekilde distile su ile karıştırılmıştır. Mikroenkapsülasyon işleminde 1:20 ve 1:30 (w/w) olmak üzere iki farklı çekirdek:kaplama materyali oranı kullanılmıştır. Karışımlar yüksek hızlı homojenizatörde (HG-15A, Wisd, Daihan, Güney Kore) 4000 rpm'de 5 dakika süreyle homojenize edilmiş, ardından 35 W ultrasonik güçte 20 dakika süresince ultrasonikasyona (Sonoplus Ultrasonic Homogenizer, HD 2070, Almanya) maruz bırakılmıştır. Elde edilen karışımlar -18 °C'de dondurulduktan sonra -55 °C'de ve 50 Pa vakum altında 24 saat süresince liyofilizatörde (Taption Group Co. Ltd., Amerika) kurutulmuştur. Kurutulup toz haline getirilmiş örnekler 1180 µm'lik elekten geçirildikten sonra analizlerde kullanılmaya kadar amber renkli cam şişelerde -18 °C'de depolanmıştır. Enkapsülasyon verimliliği, mikroenkapsüllerin toplam fenolik madde miktarı, yüzey fenolik madde miktarı ve ısıl stabilite sonuçları, kullanılan kaplama materyalleri ve kaplama oranına göre değerlendirilmiştir.

### Model gıda denemeleri

Mikroenkapsülasyon uygulamaları sonrası mikroenkapsüllerin ve enkapsüle edilmemiş kuşburnu ekstraktı tozunun ısıl stabilitelerinin karşılaştırılması için kek örnekleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kek formülasyonu, Alifaki (2019) tarafından sunulan formülasyonun düzenlenmiş bir halidir. Kek hamurunun formülasyonunda fenolik bileşenlere olan negatif etkisi nedeniyle şeker kullanılmamıştır (Waterhouse, 2002). Kek hamuru için 100 gram buğday unu kullanılmıştır. Kek karışımı un bazında %25 yağ, %12 yağsız süt tozu, %9 yumurta beyazı tozu, %3 tuz, %5 kabartma tozu ile 140 mL su kullanılarak hazırlanmıştır. Kek hamuru hazırlanırken öncelikle eritilen yağ içerisine 9 g yumurta beyazı ilave edilmiş ve karışım bir dakika süre ile karıştırılmıştır. 100 g una sırası ile 12 g yağsız süt tozu, 3 g tuz ve 5 g kabartma tozu karıştırıldıktan sonra yağlı karışımla birleştirilerek 3 dakika süre ile karıştırılmıştır. 100 g kek hamurunun içine 100 mg enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozu veya 100 mg mikro enkapsül tozu ilave edilerek 1 dakika daha karıştırılmış ve elde edilen hamur 35 dakika süreyle 175°C'de pişirilmiştir (Arçelik, MF 35 B,

Türkiye). Pişirme işleminde fırına 100'er g olacak şekilde iki adet kek örneği yerleştirilmiştir. Kontrol grubu olarak ise enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozu ve mikroenkapsül tozu içermeyen örnekler hazırlanmıştır. Kekler üç tekerrürlü olarak hazırlanmıştır.

### Analizler

#### Fenolik bileşik miktarı tayini için örnek hazırlama

Yüzey fenolik bileşik miktarı analizi için, 100 mg örnek, 50:50 etanol:metanol (hacim:hacim (v:v)) solüsyonu içerisinde disperse edilmiş, 1 dakika boyunca vortekslenmiş (DAIHAN Scientific Co., Ltd., Korea) ve daha sonra 0.45 µm'lik filtreden geçirilmiştir. Toplam fenolik madde tayini için ise 100 mg örnek, hacimce 50:8:42'lik etanol:asetik asit:su (v:v:v) çözeltisi ile birlikte vorteks karıştırıcıda (Daihan, VM10, Wisd Laboratory Instruments, Güney Kore) 1 dakika karıştırıldıktan sonra 0.45 µm'lik filtreden geçirilmiştir.

#### Fenolik bileşik miktarı analizi

Yüzey fenolik bileşik miktarının ve toplam fenolik bileşik miktarının analizi Folin-Ciocalteu metodu kullanılarak yapılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). Toplam fenolik madde değerleri gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru madde olarak belirtilmiştir. Filtreden geçirilen örnekler, distile su kullanılarak 26 kat seyreltilmiştir. 0.1 mL seyreltik örnek, 0.9 mL distile su ve 4 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiş ve 2 dakika sonra 5 mL %7.5'lik NaCO<sub>3</sub> çözeltisi eklenmiştir. 2 saat karanlıkta ve oda sıcaklığında bekletilen örneklerin UV-VIS spektrofotometrede (Lambda35, Perkin Elmer, ABD) 765 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür.

Gallik asit standart eğrisi için öncelikle 0.5 g/100 mL olacak şekilde stok çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan stok çözeltisinden 0-0.5-1.0-1.5-2-2.5-5 mL alınarak 50 mL'lik balon jöjelere yerleştirilmiş, hacimler distile su ile tamamlanarak derişimleri sırasıyla 0-50-100-150-200-250-500 mg/L olan gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Çözeltilerin absorbansları UV-VIS spektrofotometrede (Lambda35, Perkin Elmer, ABD) 765 nm dalga boyunda ölçülerek standart

eğri çizilmiştir. Çizilen standart eğriye ait formül  $y=0.0014x-0.0076$  olarak,  $R^2$  değeri ise 0.9976 olarak belirlenmiştir.

### Enkapsülasyon verimi

Enkapsülasyon verimi eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (Çilek vd., 2012):

$$\%EE = \frac{EPC}{TPC} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte EE; enkapsülasyon verimini (%), EPC: Toplam fenolik bileşik miktarı ve yüzey fenolik bileşik miktarının farkını (mg gallik asit/g kuru madde) ve TPC: toplam fenolik bileşik miktarını (mg gallik asit/g kuru madde) temsil etmektedir. Enkapsülasyon verimliliği için kullanılan Eşitlik 1'de pay ve paydada kaplama materyalinin miktarı aynı anda etkili olduğundan nihai sonucu etkilemediği görülmüş, bu nedenle hesaplamada dikkate alınmamıştır.

### Isıl stabilite

Isıl stabilitenin hesaplanmasında eşitlik (2) kullanılmıştır:

$$\%Kayıp = \frac{\text{Hamurdaki toplam fenolik bileşik miktarı} - \text{Kektteki toplam fenolik bileşik miktarı}}{\text{Hamurdaki toplam fenolik bileşik miktarı}} \times 100 \quad (2)$$

Formülasyondan kaynaklanabilecek değerleri elimine edebilmek için kontrol kek hazırlanmış ve pişirilmiş ve kontrole ait değerler çıkarılarak enkapsül ve tozdan kaynaklanan fenolik bileşik miktarları kullanılmıştır (Luca vd., 2014).

### İstatistiksel analiz

Analizler sonucu elde edilen veriler Minitab 17 istatistik paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tek yönlü varyans analizi ile (ANOVA) grup ortalamaları arasındaki farklar belirlenmiştir ve istatistiksel açıdan önemli bulunan değerler Tukey testi ile  $P \leq 0.05$  önem derecesine göre verilmiştir.

### Sonuçlar ve tartışma

#### Yüzey fenolik bileşik miktarı

Farklı kaplama materyalleri ve kaplama oranları kullanılarak mikroenkapsülasyon işlemleri uygulanmış kuşburnu örneklerinin yüzey fenolik

bileşik miktarları Şekil 1'de verilmiştir. Analiz sonucunda yüzey fenolik bileşik miktarları gam arabik ile 1:20 ve 1:30 oranlarında kaplanan örnekler için sırasıyla  $1.32 \pm 0.21$  ve  $2.19 \pm 0.17$ ; maltodekstrin ile 1:20 ve 1:30 oranlarında kaplanan örnekler içinse sırasıyla  $2.24 \pm 0.12$ ,  $1.35 \pm 0.19$  mg GAE/g kuru madde olarak bulunmuştur. Kapsül yüzeyinde fazla miktarda fenolik bileşik bulunması, işlemin düşük verimle gerçekleştiğini ve etkin bir kaplama sağlanamadığını göstermektedir. Gam arabik ile kaplanmış örneklerde kaplama maddesi oranı arttırıldıkça yüzey fenolik bileşik miktarının arttığı görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Bu bilgiden yola çıkılarak gam arabik miktarının artmasıyla enkapsülasyon etkinliğinin azaldığı söylenebilir. Maltodekstrin ile kaplanmış örneklerde ise kaplama maddesi oranı arttığıkça yüzey fenolik bileşik miktarının azaldığı görülmüş ve bu azalma istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Bu durum maltodekstrin miktarının artmasıyla enkapsülasyon etkinliğinin artması şeklinde açıklanabileceği gibi başlangıç fenolik madde konsantrasyonundaki düşüşle de ilişkilendirilmiştir. Çilek vd. (2012) tarafından vişne posasındaki fenolik bileşiklerin enkapsülasyonu üzerine farklı oranlarda gam arabik ve maltodekstrin kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Maltodekstrin oranı 1:10'dan 1:20'ye çıkartıldığında yüzey fenolik miktarı 14 mg GAE/g kuru maddeden 4.24 mg GAE/g kuru maddeye düşmüştür.

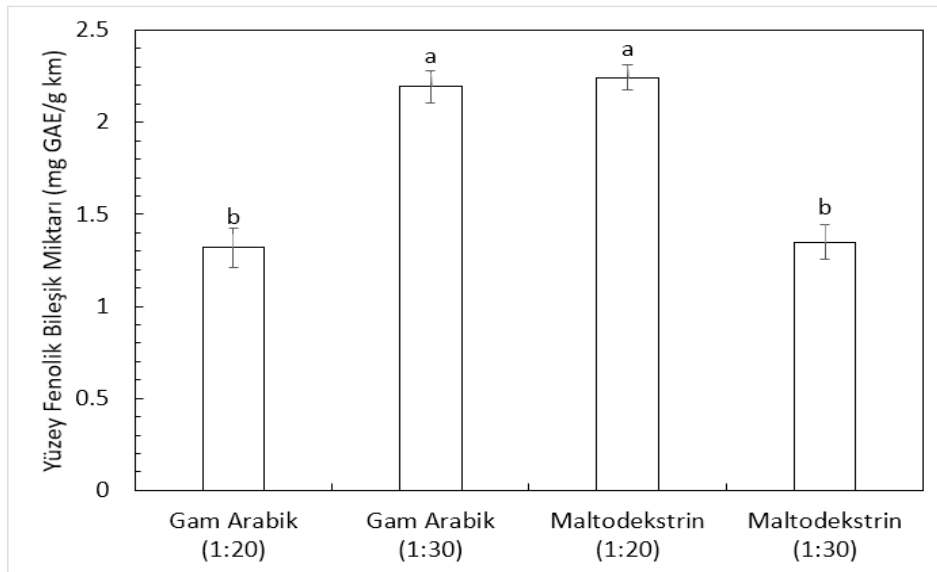
Benzer bir durum Saikia vd. (2015) tarafından *Averrhoa carambola* posasındaki fenolik bileşiklerin maltodekstrin ile ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmada da görülmektedir. Maltodekstrin oranının artmasıyla yüzey fenolik miktarı önemli ölçüde azalmış, 1:10 oranından 1:20 oranına geçişte 129 mg GAE/100 g kuru maddeden 23 mg GAE/100 g kuru maddeye düşmüştür.

#### Toplam fenolik bileşik miktarı

Mikroenkapsüllerin toplam fenolik madde miktarlarının kaplama maddesi çeşidi ve oranına göre değişimleri Şekil 2'de sunulmuştur. Elde edilen veriler incelendiğinde kaplama maddesi ve oranının, mikroenkapsüllerdeki toplam fenolik bileşik miktarına etkisinin istatistiki açıdan önemli

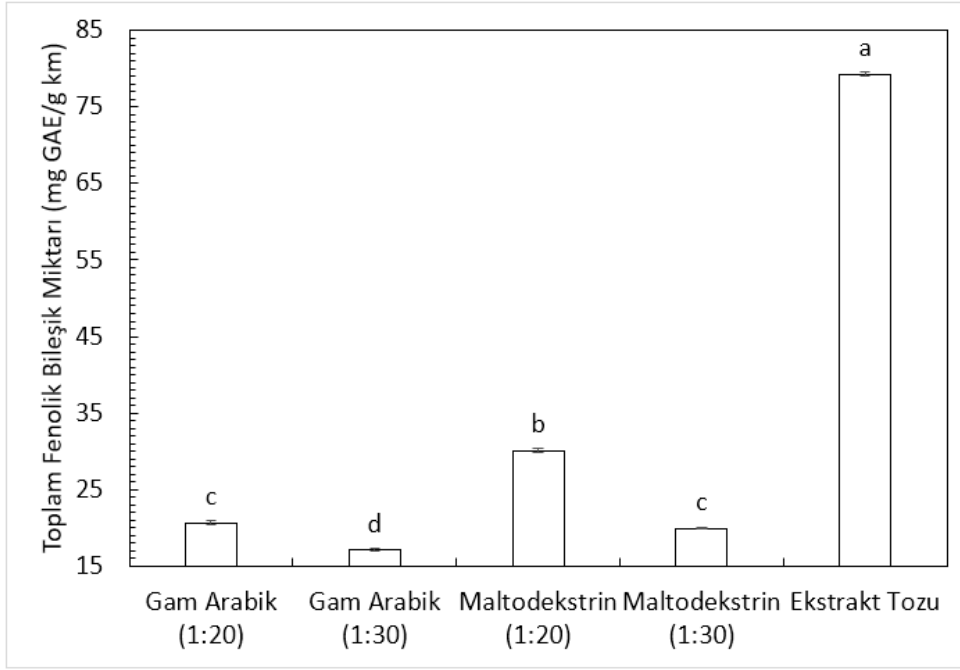
olduğu görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Kullanılan gam arabik ve maltodekstrin miktarı arttıkça toplam fenolik madde miktarında azalma görülmüştür. Bu durum, kaplama materyali miktarındaki artışın, fenolik madde konsantrasyonunda azalışa neden olması ile ilişkilendirilmiş ve bu nedenle enkapsülasyon verimi açısından bir yorum yapılamamıştır. Ancak literatürde benzer sonuçları rapor eden pek çok çalışma yer almaktadır. Tomson vd. (2020) bayır turpu suyunun, aralarında maltodekstrinin de bulunduğu kaplama materyalleri kullanılarak mikroenkapsülasyonu üzerine bir çalışma yayınlamışlardır. Yapılan çalışmada 20:80, 50:50 ve 80:20 oranlarında maltodekstrin kullanılarak çekirdek:kaplama materyali oranları denenmiş ve kaplama materyali miktarındaki artışın toplam fenolik bileşik miktarını  $6129 \pm 15$  mg GAE/100 g kuru maddeden  $1915 \pm 26$  mg GAE/100 g kuru maddeye kadar düşürdüğü rapor edilmiştir. Kaplama materyallerinin karışımındaki konsantrasyonlarındaki artışın toplam fenolik bileşik miktarına olumsuz etki yapması kaçınılmazdır. Başka bir ifade ile, toplam fenolik bileşik miktarındaki bu azalış, karışımlar oluşturulurken fenolik bileşik bakımından zengin olan kuşburnu tozunun toplam kuru madde içindeki oranının azalmasından kaynaklandığı

söylenbilir. Bunun yanında enkapsülasyon işlemi aşamalarından homejenizasyon işleminin de fenolik bileşiklerde mekanik hasara neden olabileceği literatürde rapor edilmiştir (Alifakı, 2019). Ayrıca, mikroenkapsülasyon işlemi için kullanılan dondurarak kurutma sırasında fenolik bileşik kaybı, dondurma işlemi ve gıda üzerinde oluşan 1031ehidrasyona stresi ile ilişkilendirilebilir (Papoutsis, 2018). Liyofilizasyon işlemi sonrası gerçekleştirilen parçalama işlemi de bu kayıptan sorumlu tutulmaktadır. Parçalama işlemi sırasında oksijene maruz kalan materyal yüzeyinin artışı fenolik bileşiklerin oksidasyonuna neden olarak kaybına sebebiyet verdiği literatürde farklı yayınlarda rapor edilmiştir (Papoutsis vd., 2018; Baysan vd., 2021). Bu sebeplere ek olarak dondurarak kurutma işlemi sırasında meyve dokularında bulunan bazı enzimlerin serbest kalması sonucunda fenolik bileşiklere zarar verebileceği de bildirilmiştir (Shofian vd., 2011). Ancak bu çalışma kapsamında örneklerin liyofilizasyon ile enkapsülasyonu öncesi gerçekleştirilen mikrodalga ekstraksiyonunun gerçekleştirildiği sıcaklık ve süre dikkate alındığında inaktive olmayan enzim etkisinin diğer sebeplere göre daha sınırlı düzeyde olduğu düşünülmektedir.



Şekil 1. Farklı kaplama materyalleri ve çekirdek:kaplama materyali oranları ile hazırlanan mikroenkapsüllerin yüzey fenolik bileşik miktarları

Figure 1. Surface phenolics of encapsulated powders with different coating materials and core: coating material ratios



Şekil 2. Enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozunun ve farklı kaplama materyalleri ve çekirdek:kaplama materyali oranları ile hazırlanan mikroenkapsüllerin toplam fenolik bileşik miktarları

Figure 2. Total phenolic contents of extract powder and encapsulated powders with different coating materials and core: coating material ratios

Kullanılan farklı kaplama materyalleri karşılaştırıldığında maltodekstrin ile kaplanan örneklerin toplam fenolik bileşik miktarının gam arabikle kaplanana kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, maltodekstrinin daha yüksek çözünürlük ve daha düşük viskozite değerlerine (Sarabandi vd. 2019) sahip olması nedeniyle fenolik bileşikler daha iyi sarması ile açıklanabilmektedir. Sarabandi vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen patlıcan kabuğu ekstraktlarının mikroenkapsülasyonu ile ilgili başka bir çalışmada da maltodekstrin ile kaplanmış örneklerde, gam arabik ile kaplanmış örneklerle kıyasla daha yüksek oranda toplam fenolik madde görüldüğü bildirilmiştir. Benzeri şekilde Tolun vd. (2016) üzüm polifenollerinin enkapsülasyonu üzerine yaptıkları çalışmada maltodekstrinin fenolikleri daha iyi sarması nedeniyle daha yüksek toplam fenolik bileşik değerleri elde ettiklerini raporlamışlardır.

Bu çalışmada kuşburnu fenoliklerinin 1:20 oranında maltodekstrin kaplama materyali ile kaplanarak elde edilen mikroenkapsüllerinin toplam fenolik bileşik miktarı diğer ürünlerin

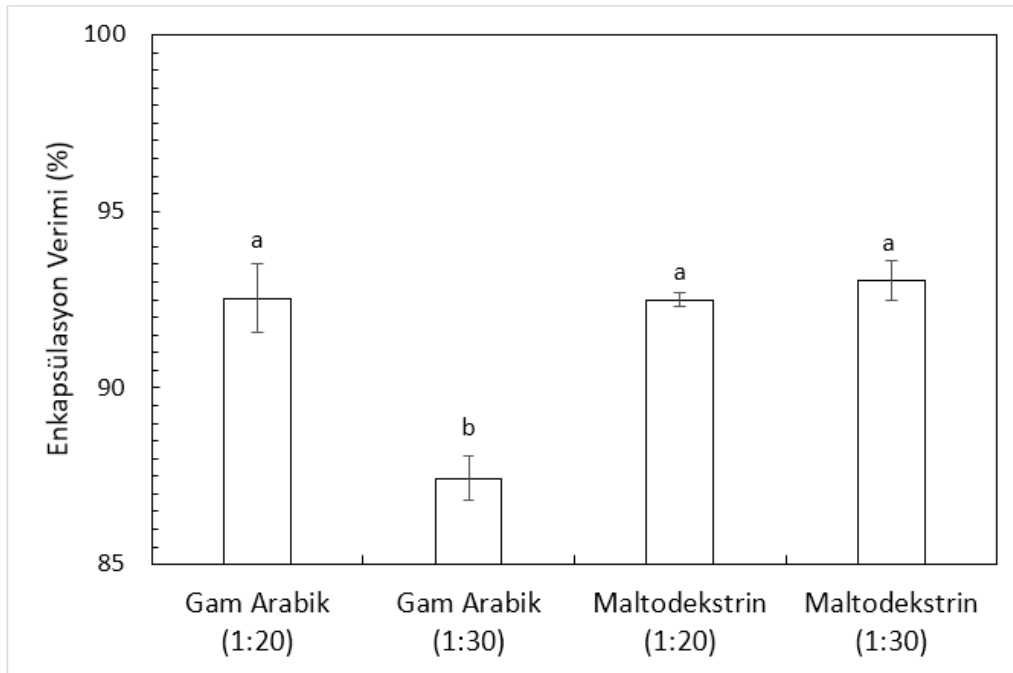
maltodekstrin kullanılarak 1:20 oranında hazırlanmış mikroenkapsülleri ile karşılaştırıldığında *Averrhoa carambola*'dan (2.3 mg GAE/g kuru madde (Saikia vd. 2015)), brokoli yan ürünlerinden (3.50 mg GAE/g kuru madde (Marinelli vd. 2020)) ve gilaburundan (12.67 mg GAE/g kuru madde (Alifakı, 2019)) daha yüksek ancak soğan kabuğundan (209.24 mg GAE/g kuru madde (Akdeniz, 2017)) ve üzüm çekirdeğinden (657.86 mg GAE/g kuru madde (Yadav vd., 2020)) daha düşük olduğu görülmüştür.

#### Enkapsülasyon verimi

Farklı kaplama maddeleri ve kaplama oranlarının enkapsülasyon verimine etkisi Şekil 3'te sunulmuştur. En yüksek enkapsülasyon verimi (%94.19±0.16) kaplama materyali olarak gam arabığın, çekirdek:kaplama materyali oranı olarak ise 1:20 oranının kullanıldığı örneklerde elde edilmiştir. Gam arabikle kaplanan örneklerde çekirdek:kaplama materyali oranının artmasının enkapsülasyon verimliliğini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Maltodekstrin kullanılarak yapılan enkapsülasyon işleminde ise

çekirdek:kaplama materyali oranının artmasıyla azalan enkapsülasyon verimliliği istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). Benzeri şekilde, Akdeniz vd. (2017) tarafından soğan kabuğundaki fenolik bileşiklerin enkapsülasyonu ile ilgili sunulan çalışmada maltodekstrin kaplama oranı 1:10'dan 1:20'ye çıkarıldığında enkapsülasyon veriminin istatistiksel olarak önemli derecede değişmediği belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada gam arabik ve maltodekstrin karışımı ile hazırlanan mikroenkapsüllerde ise gam arabik'in, enkapsülasyon verimliliğini azalttığı rapor edilmiştir. Sarabandi vd. (2019) tarafından yapılmış patlıcan kabuğu ekstraktlarının

enkapsülasyonu ile ilgili başka bir çalışmada da maltodekstrin ve gam arabik kaplama materyali olarak değerlendirilmiş, daha yüksek çözünürlük ve daha düşük viskozite değerlerine sahip maltodekstrinle kaplanmış örneklerin enkapsülasyon verimliliğinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Karbonhidrat bazlı bir kaplama materyali olan maltodekstrin ve gam yapısındaki gam arabik'in karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada yine maltodekstrinin üzüm polifenollerini kaplamada daha yüksek verim sergilediği bu durumun maltodekstrinin fiziksel özellikleri nedeniyle fenolikleri daha iyi sarmalamasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Tolun vd. 2016).



Şekil 3. Farklı kaplama materyallerinin ve çekirdek:kaplama materyali oranlarının enkapsülasyon verimine etkisi.

Figure 3. The effect of different coating materials and core: coating material ratios on encapsulation efficiency

#### Isıl stabilite

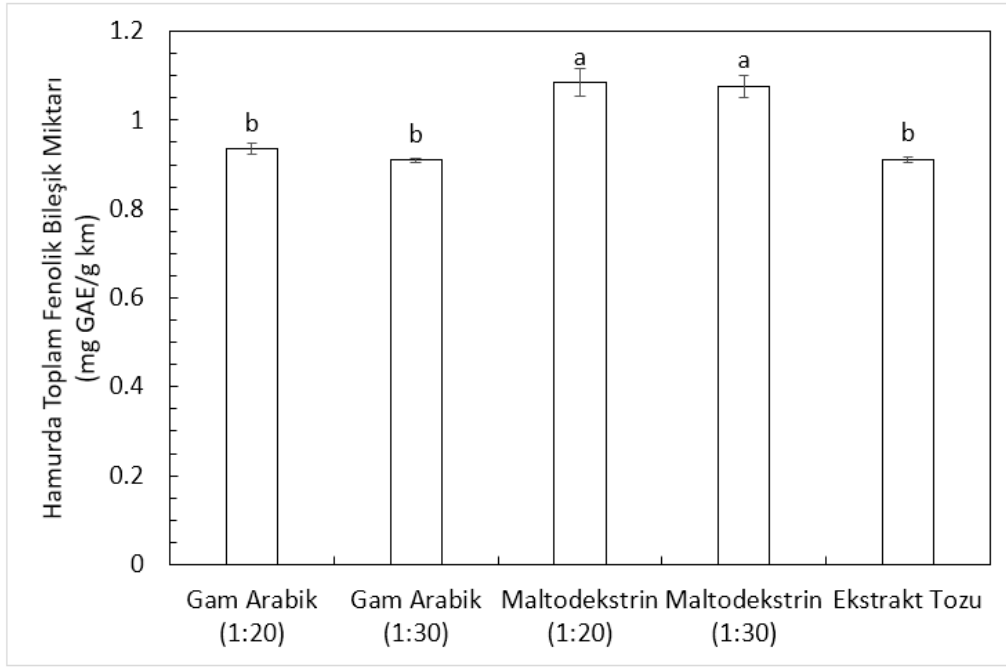
Farklı kaplama materyalleri ve kaplama oranları kullanılarak hazırlanmış mikroenkapsüllerin ve enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozunun kek hamuruna eklendikten sonraki toplam fenolik bileşik miktarları Şekil 4'te verilmiştir. Mikroenkapsüller ve enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozu, kek hamurunun hazırlanmasının ardından hamura eklenecek karıştırılmıştır. Kaplama materyali olarak gam arabik ya da maltodekstrin kullanılması mikroenkapsül

eklenmiş hamur örneklerinin toplam fenolik madde miktarı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmuştur ( $P < 0.05$ ). Gam arabikle kaplanmış mikroenkapsüllerin eklendiği hamurların toplam fenolik bileşik miktarlarının maltodekstrinle kaplanan mikroenkapsüllerin eklendiklerine göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Kaplama oranının etkisi incelendiğinde ise her iki kaplama materyali için de oranda artışın hamur örneklerinin toplam fenolik bileşik miktarı üzerine etkili olmadığı



tespit edilmiştir ( $P > 0.05$ ). Enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozu eklenen hamur örnekleri, maltodekstrin ile kaplanmış mikroenkapsül eklenen örneklerle karşılaştırıldığında toplam fenolik bileşik miktarının daha düşük bulunması karıştırma ve çırpma sırasında enkapsüle

edilmemiş ekstrakt tozlarının daha çok hasar görmesiyle ilişkilendirilmiştir. Buna ek olarak, enkapsülasyon işlemi sırasında uygulanan homojenizasyon işleminin de fenolik bileşiklere zarar verdiği literatürde bildirilmiştir (Alifaki 2019).

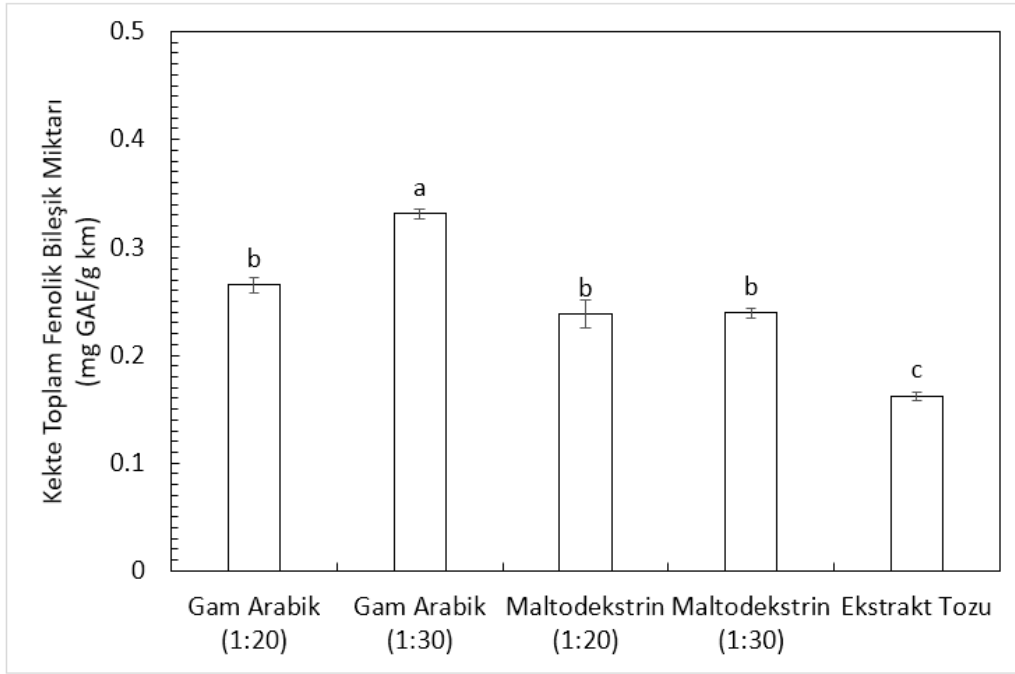


Şekil 4. Farklı kaplama materyalleri ve kaplama oranları ile hazırlanmış mikroenkapsüllerin ve enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozunun eklendiği kek hamurlarının toplam fenolik bileşik miktarları

*Figure 4. Total phenolic content of extract powder and microcapsules with different coating materials and coating ratios added cake batter*

Farklı kaplama materyali ve kaplama oranları kullanılarak hazırlanan mikroenkapsüllerin eklendiği hamurların pişirilmesi sonucu elde edilen kek örneklerinin toplam fenolik madde miktarları Şekil 5'te verilmiştir. Gam Arabik mikroenkapsüllerinin ilave edildiği kek örneklerinde kaplama oranının toplam fenolik madde miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). 1:30 kaplama oranına sahip olan numunedeki toplam fenolik madde miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda maltodekstrin mikroenkapsüllerinin işlem koşullarının etkisi ile kısmen parçalandığı, gam arabik mikroenkapsüllerinin ise küresel yüzey yapısı sayesinde daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Krishnan vd., 2005). Maltodekstrin mikroenkapsüllerinin ilave edildiği kek

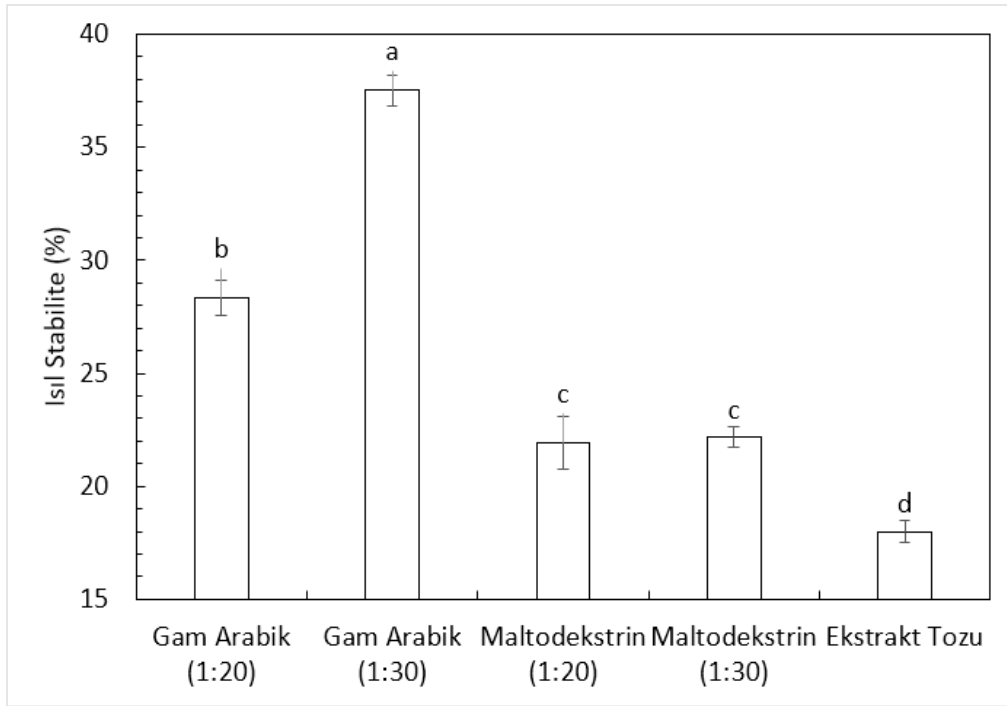
örneklerinde ise kaplama oranının fenolik bileşik miktarı üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Kaderides vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen, portakal kabuğu yan ürünlerinin nar kabuğu ekstraktının enkapsülasyonu için kullanıldığı bir çalışmada ise, mikroenkapsüller ve enkapsüle edilmemiş ekstraktlar kurabiyelerde biyofonksiyonel bileşenler olarak kullanılmıştır. 210°C'de 10 dakika süreyle gerçekleştirilmiş olan pişirme ve sonrasındaki saklama işlemi sırasında fenolik madde içeriği incelenmiş, mikroenkapsül eklenmiş örneklerde %65 ve mikroenkapsüle edilmemiş ekstrakt eklenmiş örneklerde ise %76 kayıp olduğu belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mikroenkapsülasyon işleminin fenolik bileşik içeriğindeki kaybı azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 5. Farklı kaplama materyali ve kaplama oranları ile hazırlanan mikroenkapsül ve enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozu eklenen keklerin pişirme sonundaki toplam fenolik bileşik miktarları  
 Figure 5. Total phenolic contents of extract powder and microcapsules with different coating materials and coating ratios added cakes after baking

Farklı kaplama materyalleri ve kaplama oranları kullanılarak hazırlanan mikroenkapsüllerin ve enkapsüle edilmemiş ekstrakt tozunun ısıl stabiliteyi ise Şekil 6'da verilmiştir. Enkapsülasyon işleminin pişirme sırasında toplam fenolik bileşik miktarının korunmasına etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Bir başka deyişle, mikroenkapsülasyon işleminin fenolik bileşiklerin ısıl işlem koşullarının etkisiyle zarar görmesini engellediği tespit edilmiştir. Maltodekstrin mikroenkapsülleri için kaplama oranları arasında ısıl stabilite açısından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmezken ( $P > 0.05$ ) gam arabik mikroenkapsüllerinde kaplama oranının ısıl stabiliteyi arttırdığı bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). 1:30 çekirdek:kaplama materyali oranı ile kaplanmış mikroenkapsüllerin ısıl stabilitesinin en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında, ısıl stabilite açısından (%37.51±1.32) en ideal kaplama materyalinin gam arabik ve en uygun çekirdek:kaplama materyali oranının ise 1:30 olduğu sonucuna varılmıştır. Literatürde de benzeri sonuçlar rapor edilmiştir; Suhag vd. (2016) kaplama materyali olarak %35-40-45

oranlarında gam arabik kullanılan bal tozu mikroenkapsüllerini incelemişler ve gam arabik oranındaki artışın örneklerde C vitamininin ısıl stabilitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Ballesteros vd. (2017) tarafından yapılan bir başka çalışmada atk kahve çekirdeği ekstraktlarının enkapsülasyonu araştırılmış ve enkapsülasyonun fenolik bileşiklerin ısıl stabilitesini arttırdığı ve gam arabik'in daha verimli olduğu belirtilmiştir. Gong vd. (2020) ise yaptıkları çalışmada tarçın aromasının ısıl stabilitesini arttırmak için ultrasonik destekli mikroenkapsülasyon işlemi uygulamış ve mikroenkapsülasyon işlemi ile aromanın 150-250°C pişirme sıcaklıklarında bile korunduğunu bildirmişlerdir. Luca vd. (2014) ise maltodekstrin ve gam arabik karışımı kullanarak gerçekleştirdikleri enkapsülasyon işleminin, vişneden elde edilmiş olan fenolik bileşiklerin 175°C'de 22 dakika gerçekleştirilen uygulamada ısıl stabilitesini %22.2'den %30.7'ye yükselttiğini belirtmişlerdir.



Şekil 6. Farklı kaplama materyalleri ve kaplama oranları ile hazırlanan mikroenkapsüllerin ve enkapsüle edilmiş kuşburnu ekstraktı tozunun ısıl stabiliteleeri

Figure 6. Thermal stability of extract powder and microcapsules with different coating materials and coating ratios and rosehip extract

Kuşburnu fenolik bileşiklerinin işlem koşullarına karşı stabiliteleeri arttırmak için mikroenkapsülasyon işleminin uygulanması ve uygun kaplama materyali ve kaplama oranlarının (1:20 ve 1:30) incelenmesi sonucu elde edilen verilerin literatüre katkı sağladığı düşünülmektedir. Enkapsülasyon verimi ve ısıl stabilite bir arada değerlendirildiğinde en uygun kaplama materyalinin gam arabik, en uygun çekirdek:kaplama materyali oranının ise 1:30 olduğu sonucuna varılmıştır. Bu şartlar altında hazırlanan mikroenkapsüllerde en yüksek enkapsülasyon verimi  $94.19 \pm 0.16$ , ısıl stabilite değeri ise  $37.51 \pm 1.32$  olarak hesaplanmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, belirlenen en uygun işlem koşulları ve kaplama materyali ile hazırlanan mikroenkapsüllerin daha detaylı incelenmesinin, parçacık özelliklerinin, morfolojik yapılarının, saklama stabiliteleerinin ve biyoyararlılıklarının belirlenmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### YAZAR KATKILARI

FE, ENG, MSY, İS ve YS deneylerin planlanması ile yapıışında görev almışlar ve taslak metni oluşturmuşlardır. OS danışman olarak çalışma fikrinin oluşmasında, deney tasarımının oluşturulmasında, verilerin değerlendirilmesinde ve taslağın kontrolünde/düzenlenmesinde görev almıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

#### TEŐEKKÜR

Çalışmalarımızın tüm aşamalarında öneri ve bilgilerini paylaşarak çalışmalarımızın yönlendirilmesine katkıda bulunan Yaşar Özlem ALİFAKI'ya en içten teşekkürlerimizi bir borç biliriz.

Bu bitirme tezi 'KUŞBURNU BİTKİSİNDEN ELDE EDİLEN FENOLİK BİLEŞİKLERİN MİKROENKAPSÜLASYONU' başlıklı, 20Ö0443001 proje numaralı Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'nce desteklenen proje kapsamında yürütülmüştür.

#### KAYNAKÇA

- Alifakı, Ö.Y. (2019). Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) meyvesinden yeni yöntemlerle fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu ve gilaburu tozunun mikroenkapsülasyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 274 s.
- Akdeniz, B. (2017). Evaluation of different coating materials for encapsulation of phenolic compounds extracted from onion (*Allium cepa*) skin. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 131 s.
- Akdeniz, B., Şumnu, G., Şahin, S. (2017). The effects of maltodextrin and gum arabic on encapsulation of onion skin phenolic compounds. *Chem Eng Trans*, 57: 1891-1896, doi: 10.3303/CET1757316.
- Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.B., Mitchell, A.E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid Content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J Agric Food Chem*, 51(5): 1237-1241, doi: 10.1021/jf020635c.
- Ballesteros, L.F., Ramirez, M.J., Orrego, C.E., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. (2017). Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chem*, 237: 623-631, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.142.
- Barros, L., Carvalho, A.M., Ferreira, I.C.F.R. (2011). Exotic fruits as a source of important phytochemicals: Improving the traditional use of *Rosa canina* fruits in Portugal. *Food Res Int*, 44(7): 2233-2236, doi: 10.1016/j.foodres.2010.10.005.
- Baysan, U., Bastioğlu, A.Z., Coşkun, N.Ö., Takma, D.K., Balçık, E.Ü., Hilal, S.N., Koç, M. (2021). The effect of coating material combination and encapsulation method on propolis powder properties. *Powder Technol*, 384: 332-341, doi: 10.1016/j.powtec.2021.02.018.
- Bhave, A., Schulzova, V., Chmelarova, H., Mrnka, L., Hajslova, J. (2017). Assessment of rosehips based on the content of their biologically active compounds. *J Food Drug Anal*, 25(3): 681-690, doi: 10.1016/j.jfda.2016.12.019.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M., Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Sci and Emerg Technol*, 6(4): 420-428, doi: 10.1016/j.ifset.2005.05.003.
- Çağlar, M.Y., Demirci, M. (2017). Üzümsü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenmedeki önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11): 18-26.
- Çilek, B., Luca, A., Hasirci, V., Şahin, S., Şümmü, G. (2012). Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry pomace: effect of formulation, ultrasonication time and core to coating ratio. *Eur Food Res Technol*, 235(4): 587-596, doi: 10.1007/s00217-012-1786-8.
- Desai, K.G.H., Park, H.J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technol*, 23(7): 1361-1394, doi: 10.1081/DRT-200063478.
- Ercişli, S. (1996). Gümüşhane ve ilçelerinde doğal olarak yetişen kuşburnuların (*Rosa* spp.) seleksiyon yoluyla ıslahı ve çelikle çoğaltma imkanları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum, Türkiye, 174 s.
- Ercişli, S. (2007). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. *Food Chem*, 104(4): 1379-1384, doi: 10.1016/j.foodchem.2007.01.053.
- Fetni, S., Bertella, N., Ouahab, A., Zapater, J.M.M., Fernandez, S.P.T. (2020). Composition and biological activity of the Algerian plant *Rosa canina* L. by HPLC-UV-MS. *Arabian J Chem*, 13(1): 1105-1119, doi: 10.1016/j.arabjc.2017.09.013.

- Gong, C., Lee, M.C., Godec, M., Zhang, Z., Abbaspourrad, A. (2020). Ultrasonic encapsulation of cinnamon flavor to impart heat stability for baking applications. *Food Hydrocoll*, 99: 105316, doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105316.
- Gouin, S. (2004). Microencapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Sci Technol*, 15(7-8): 330–347, doi: 10.1016/j.tifs.2003.10.005.
- Guimarões, R., Barros, L., Calhella, R.C., Carvalho, A.M., Queiroz, M.J.R.P., Ferreira, I.C.F.R. (2013). Bioactivity of different enriched phenolic extracts of wild fruits from northeastern portugal: A comparative study. *Plant Foods Hum Nutr*, 69(1): 37–42, doi: 10.1007/s11130-013-0394-5.
- Güler, S. (1997). Doğu Anadolu Bölgesi'nde doğal yayılıő gösteren kuşburnu (*Rosa L.*) türleri, yetiőtirme teknikleri ve kullanım alanları. Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Teknik Rapor Serisi No. 2, Erzurum, Türkiye, 59 s.
- Kaderides, K., Mourtzinou, I., Ghoul, A.M. (2020). Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies. *Food Chem*, 310: 125849, 10.1016/j.foodchem.2019.125849.
- Khoe, S., Yaghoobian, M. (2017). Niosomes: a novel approach in modern drug delivery systems. *Nanostructures for Drug Delivery*, 207-237, doi: 10.1016/B978-0-323-46143-6.00006-3.
- Krishnan, S., Bhosale, R., Singhal, R.S. (2005). Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydr Polym*, 61(1): 95-102, doi: 10.1016/j.carbpol.2005.02.020.
- Kuck, L.S., Noreña, C.P.Z. (2016). Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. *Food Chem*, 194: 569-576, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.066.
- López-Franco Y.L., Gooycolea F.M., Lizardi-Mendoza, J. (2015). Gum of *Prosopis Acacia* species. *Polysaccharides*, 1-20, doi: 10.1007/978-3-319-03751-6\_14-1.
- Luca, A., Çilek, B., Hasırcı, V., Şahin, S., Şumnu, G. (2014). Storage and baking stability of encapsulated sour cherry phenolic compounds prepared from micro- and nano-suspensions. *Food Bioprocess Technol*, 7(1): 204–211, doi: 10.1007/s11947-013-1048-1.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release - a review. *Int J Food Sci Technol*, 41(1): 1–21, doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x.
- Marinelli, V., Spinelli, S., Angiolillo, L. Nobile, M.A.D., Conte, A. (2020). Emerging techniques applied to by-products for food fortification. *J Food Sci Technol*, 57: 905–914, doi: 10.1007/s13197-019-04123-8.
- Murathan, Z.T., Zarifkhosroshahi, M., Kafkas, E., Sevindik, E. (2016). Characterization of bioactive compounds in rosehip species from east anatolia region of Turkey. *Ital J Food Sci*, 28(2): 314-325.
- Orhan, D.D., Harvetioğlu, A., Küpeli, E., Yeőilada, E. (2007). In vivo anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and fractions from *Rosa canina* L. fruits. *J Ethnopharmacol*, 112(2): 394-400, doi: 10.1016/j.jep.2007.03.029.
- Öz, M., Baltacı, C., Deniz, İ. (2018). Gümüşhane yöresi kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyvelerinin C vitamini ve Şeker analizleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2): 284-292, doi: 10.17714/gumusfenbil.327635.
- Papoutsis K., Golding, J.B., Vuong, Q., Pristijono, P., Stathopoulos, C.E., Scarlett, C.J., Bowyer, M. (2018). Encapsulation of citrus by-product extracts by spray-drying and freeze-drying using combinations of maltodextrin with soybean protein and ι-carrageenan. *Foods*, 7(7): 115-127, doi: 10.3390/foods7070115.
- Saikia, S., Mahnot, N.K., Mahanta, C.L. (2015). Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray

- and freeze drying. *Food Chem*, 171: 144-152, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.064.
- Sarabandi, K., Jafari, S.M., Mahoonak, A.S., Mohammadi, A. (2019). Application of gum arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source. *Int J Biol Macromol*, 140: 59-68, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.133.
- Shofian, N.M., Hamid, A.A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Dek, M.S.P., Hairuddin, M.R. (2011). Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *Int J Mol Sci*, 12(7), 4678-4692, doi: 10.3390/ijms12074678.
- Silva, P.T.D., Fries, L.L.M., Menezes, C.R.D., Holkem, A.T., Schwan, C.L., Wigmann, É.F., Bastos, J.O., Silva, C.B. (2014). Microencapsulation: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. *Ciênc. Rural*, 44(7): 1304-1311, doi: 10.1590/0103-8478cr20130971.
- Stanila, A., Diaconeasa, Z., Roman I., Sima, N., Maniutiu, D., Roman, A., Sima, R. (2015). Extraction and characterization of phenolic compounds from rose hip (*Rosa canina* L.) using liquid chromatography coupled with electrospray ionization - mass spectrometry. *Not Bot Horti Agrobo*, 43(2): 349-354, doi: 10.15835/nbha43210028.
- Suhag, Y., Nayik, G.A., Nanda, V. (2016). Effect of gum arabic concentration and inlet temperature during spray drying on physical and antioxidant properties of honey powder. *J Food Meas Charact*, 10(2): 350-356, doi: 10.1007/s11694-016-9313-4.
- Tolun, A., Altıntaş, Z., Artık, N. (2015). Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: development and characterization. *J Biotechnol*, 239: 23-33, doi: 10.1016/j.jbiotec.2016.10.001.
- Tomsone, L., Galoburda, R., Kruma, Z., Durrieu, V., Cinkmanis, I. (2020). Microencapsulation of Horseradish (*Armoracia rusticana* L.) Juice using spray-drying. *Foods*, 21(9): 1332-1349, doi: 10.3390/foods9091332.
- Tonon, R.V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., Hubinger, M.D. (2009). Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced with different carrier agents. *Int J Food Sci Technol*, 44(10): 1950-1958, doi: 10.1111/j.1365-2621.2009.02012.x.
- Waterhouse, A.L. (2002). Determination of total phenolics. *Curr Protoc Food Anal Chem*. 6(1): I1.1.1-I1.1.8.
- Wen, J., Chen, G., Alany, R.G. (2014). Theories and concepts of nano-materials, nano- and microencapsulation. *Nano Microencapsul Foods*. 15-42, doi: 10.1002/9781118292327.ch2.
- Wenzig, E.M., Widowitz, U., Kunert, O., Chrubasik, S., Bucar, F., Knauder E., Bauer, R. (2008). Phytochemical composition and in vitro pharmacological activity of two rose hip (*Rosa canina* L.) preparations. *Phytomedicine*, 15(10): 826-835, doi: 10.1016/j.phymed.2008.06.012.
- Yadav, K., Bajaj, R.K., Mandal, S., Mann, B. (2020). Encapsulation of grape seed extract phenolics using whey protein concentrate, maltodextrin and gum arabica blends. *J Food Sci Technol*, 57: 426-434, doi: 10.1007/s13197-019-04070-4.