

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FINDIK ZARI EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYONU VE ELDE EDİLEN
MİKROKAPSÜLLERİN MAYONEZDE ANTİOKSİDAN OLARAK
KULLANIMI**

Merve ÖZDEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FINDIK ZARI EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYONU VE ELDE EDİLEN
MİKROKAPSÜLLERİN MAYONEZDE ANTİOKSİDAN OLARAK
KULLANIMI**

Merve ÖZDEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2022

ANTALYA

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

**FINDIK ZARI EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYONU VE ELDE EDİLEN
MİKROKAPSÜLLERİN MAYONEZDE ANTİOKSİDAN OLARAK
KULLANIMI**

Merve ÖZDEMİR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2022-5918 nolu proje ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FINDIK ZARI EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYONU VE ELDE EDİLEN
MİKROKAPSÜLLERİN MAYONEZDE ANTİOKSİDAN OLARAK
KULLANIMI

Merve ÖZDEMİR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 18/07/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN (Danışman) [imza]

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ [imza]

Doç. Dr. Zafer ERBAY [imza]

ÖZET

FINDIK ZARI EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYONU VE ELDE EDİLEN MİKROKAPSÜLLERİN MAYONEZDE ANTİOKSİDAN OLARAK KULLANIMI

Merve ÖZDEMİR

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

Temmuz 2022; 89 sayfa

Bu tezde fındık kavurma prosesi sırasında yan ürün olarak oluşan fındık zarından elde edilen ekstraktın enkapsüle edilerek mayonezde antioksidan olarak kullanımının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Ordu'da faaliyet gösteren bir fındık kavurma tesisinden temin edilen fındık zarlarının su ile geleneksel ve ultrases destekli ekstraksiyon şartlarının optimizasyonu ekstraktların toplam fenolik bileşen miktarı ve antioksidan kapasitesine göre yapılmıştır. Optimum şartlarda elde edilen ekstraktın püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsülasyonu için püskürterek kurutma şartlarının kullanılan kaplama materyali oranı ve kurutma sıcaklığına göre optimizasyonu mikroenkapsülasyon etkinliği cevap olarak kullanılarak gerçekleştirilmiş, optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerde yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, akabilirlik, parçacık boyutu ve parçacık görüntüleme analizleri yapılmıştır. Elde edilen mikroenkapsüller, dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktı ve sentetik antioksidanlar (EDTA ve TBHQ) eklenerek üretilen mayonezler 3 farklı sıcaklıkta (4, 25 ve 45°C) 30 gün süre ile depolanarak örneklerde depolama süresince peroksit ve p-anisidin değerleri analiz edilmiştir. Ayrıca mayonezlerde ransimat ile 140°C'de hızlandırılmış oksidasyon testi yapılarak elde edilen mikrokapsüllerin yüksek sıcaklık ve oksidasyona stabiliteleri de belirlenmeye çalışılmıştır. Fındık zarı ilave edilen mayonezlerin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği de yapılan duyu analizi sonucunda belirlenmiştir.

Fındık zarının geleneksel yöntemle ekstraksiyonunda optimum koşullar; ekstraksiyon sıcaklığı 90°C, ekstraksiyon süresi 46.5 dk ve besleme oranı %15 olarak; ultrases destekli ekstraksiyonunda optimum koşullar ise ekstraksiyon sıcaklığı 50°C, ekstraksiyon süresi 27 dk, besleme oranı %5 ve genlik %50 olarak bulunmuştur. Mikroenkapsülasyon etkinliğinin elde edilmesini sağlayan optimum püskürterek kurutma koşulları bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıncısı için sırasıyla; %20 kaplama materyali oranı-140°C giriş sıcaklığı, %50 kaplama materyali oranı-154°C giriş sıcaklığı, %50 kaplama materyali oranı-180°C giriş sıcaklığı olarak belirlenmiştir. En iyi (%97) mikroenkapsülasyon etkinliğinin kaplama materyali olarak arap zıncısı kullanılması ile elde edildiği, maltodekstrin ve bezelye proteini kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin enkapsülasyon etkinliği ise %90 ve %72 olarak bulunmuştur. Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozlarının ortalama partikül çapları (45.36 µm) püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllere göre oldukça yüksek bulunmuştur. Maltodekstrin, bezelye proteini ve arap zıncısı

kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin ortalama boyutları (d_{50}) sırasıyla 9.95 μm , 9.33 μm ve 11.61 μm olarak ölçülmüştür. Ayrıca dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen tozların şekillerinin püskürterek kurutma yöntemiyle üretilen mikrokapsüllere göre düzensiz, gözenekli, süngerimsi ve kırık katmanlı bir yapıda olduğu görülmüştür. Mayonezlerin depolandığı 3 farklı depolama sıcaklığı için de mikrokapsüle tozların kullanıldığı mayonezlerde birincil oksidasyon ürünlerinin genel olarak hem dondurarak kurutulmuş fındık zarının kullanıldığı, hem de kontrol mayonezlerine göre daha yavaş olduğu belirlenmiştir. Mayonezlerin p-anisidin değerleri 4 ve 25°C'deki depolama sıcaklıklarında hemen hemen değişmezken, 45°C'de ise 30. gün sonunda arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Mayonezlerde yapılan hızlandırılmış oksidasyon testi sonuçlarına göre sentetik antioksidanlardan sonra en iyi sonucun arap zıncı kullanılarak elde edilen mikrokapsüller ile elde edildiği görülmüş, maltodekstrin kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin eklendiği mayonezlerde emülsifiye yapının hızlı bir şekilde bozulduğu gözlemlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş fındık zarı eklenen ve arabik gum kullanılarak üretilen mikrokapsül eklenen mayonezler 7 üzerinde puan alarak tüketiciler tarafından kabul görmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Fındık zarı, antioksidan, ekstraksiyon, enkapsülasyon, mayonez, oksidasyon testleri

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Doç. Dr. Zafer ERBAY

ABSTRACT

ENCAPSULATION OF HAZELNUT SKIN EXTRACT AND USE OF OBTAINED MICROCAPSULES AS ANTIOXIDANT IN MAYONNAISE

Merve ÖZDEMİR

MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet TORUN

July 2022; 89 pages

In this thesis, it is aimed to encapsulate the extract obtained from the hazelnut skin, which is formed as a by-product during the hazelnut roasting process, and to investigate its use as an antioxidant in mayonnaise. For this purpose, traditional and ultrasound assisted extraction conditions were optimized according to total phenolic compound amount and antioxidant capacity of the hazelnut skin, obtained from a hazelnut roasting firm in Ordu, water extracts. For the encapsulation of the extract obtained under optimum conditions by spray drying method, the optimization of spray drying conditions according to the coating material ratio and drying temperature was performed by using the microencapsulation efficiency as a response, also bulk density, tapped bulk density, flowability, particle size and particle imaging analyzes were performed in microcapsules produced under optimum conditions. The obtained microencapsules, freeze-dried hazelnut skin extract and mayonnaises produced by adding synthetic antioxidants (EDTA and TBHQ) were stored at 3 different temperatures (4, 25 and 45°C) for 30 days and the peroxide and p-anisidine values of the samples were analyzed during storage period. In addition, the stability of the microcapsules were determined by performing the accelerated oxidation test at 140°C with ransimat. The acceptability of the hazelnut skin added mayonnaise by the consumers was also determined as a result of the sensory analysis.

Optimum conditions for the extraction of hazelnut skin with the traditional method; extraction temperature was 90°C, extraction time was 46.5 min and feeding rate was 15%; Optimum conditions in ultrasound assisted extraction were found to be 50°C, extraction time, 27 minutes, 5% feeding rate and 50% amplitude. Optimum spray-drying conditions to achieve microencapsulation efficiency were for pea protein, maltodextrin and arabic gum; 20% coating material ratio-140°C inlet temperature, 50% coating material ratio-154°C inlet temperature, 50% coating material ratio-180°C inlet temperature, respectively. It was found that the best (97%) microencapsulation efficiency was obtained by using arabic gum as the coating material, and the encapsulation efficiency of the microcapsules obtained by using maltodextrin and pea protein was 90% and 72%. Average particle diameters (45.36 µm) of hazelnut membrane powders obtained by freeze-drying method were found to be considerably higher than microcapsules obtained by spray-drying method. In addition, it was observed that the shapes of the powders obtained by the freeze drying method were irregular, porous, spongy and broken layered compared to the microcapsules produced by the spray drying method. It has been determined that the primary oxidation products in mayonnaises added microencapsulated powders are generally formed more slowly

than both freeze-dried hazelnut skin extract and control mayonnaises for 3 storage temperature. It was concluded that the p-anisidine values of mayonnaises did not change at 4 and 25°C storage temperatures, but increased at 45°C at the end of the 30th day. According to the results of the accelerated oxidation test performed in mayonnaises, it was observed that the best result after synthetic antioxidants was obtained with microcapsules obtained by using arabic gum, and it was observed that the emulsified structure rapidly deteriorated in mayonnaises to which microcapsules obtained using maltodextrin were added. Mayonnaises with freeze-dried hazelnut skin added and microcapsules produced using arabic gum were accepted by consumers with a score above 7.

KEYWORDS: Hazelnut skin, antioxidant, extraction, encapsulation, mayonnaise, oxidation tests

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Mehmet TORUN

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Assoc. Prof. Dr. Zafer ERBAY



ÖNSÖZ

Bu tez kapsamında tüketicilerin doğal ürünlere olan ilgisi ışığında bir yan ürün olan fındık zarı ekstraktının mayonezde doğal antioksidan olarak kullanım potansiyeli belirlenmiş ve ürün içerisindeki stabilitesinin artırılmasına yönelik bazı yaklaşımlar araştırılmıştır. Tez sonuçlarının konu ile ilgili araştırmacılara, tüketicilere ve sektöre faydalı olmasını dilerim.

Tez çalışmamı en iyi şekilde gerçekleştirebilmem için her imkanı sunan, tezin her detayıyla büyük bir sabır ve hoşgörüyle ilgilenen, karşılaştığım her sorunu aşabilmem için bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Değerli bilgi ve tecrübelerini esirgemeyerek, gelişimimde önemli katkıları olan hocalarım Prof. Dr. Ayhan TOPUZ, Doç. Dr. Elif AYKIN DİNÇER ve Doç. Dr. Cüneyt DİNÇER'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında, laboratuvar imkanlarını kullanmama olanak sağlayan Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN, Prof. Dr. İrfan TURHAN, Doç. Dr. Muammer DEMİR ve Dr. Öğr. Üyesi Firuze ERGİN'e teşekkür ederim.

Ransimat analizlerindeki desteklerinden dolayı, Prof. Dr. Selin ŞAHİN SEVGİLİ'ye (İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü) teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında, yardımlarını esirgemeyen hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Ferhan BALCI TORUN, Gıda Yüksek Mühendisi Handan BAŞÜNAL GÜLMEZ, Öğr. Gör. Emrah EROĞLU, Gıda Yüksek Mühendisi Sinem SALMAN'a ve laboratuvar ekibi arkadaşlarım Gıda Yüksek Mühendisi Kübra GÜNGÖR, Gıda Yüksek Mühendisi Gülderen COŞGUN ve Nida PINARBAŞI'ya teşekkür ederim. Ayrıca, moral vererek destek olan herkese çok teşekkür ederim.

Fındık zarı teminindeki yardım ve desteklerinden dolayı Gıda Yüksek Mühendisi Ahmet Alp KARAMANOĞLU'na teşekkür ederim.

Mayonez üretiminde kullandığım pastörize yumurta sarısı temininde sağladıkları desteklerinden dolayı Anako Yumurta'ya teşekkür ederim.

Tezime “FYL-2022-5918” proje numarası ile maddi destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Ayrıca, sevgi ve şefkatleriyle her zaman yanımda olan canım anneme, babama, kız kardeşime ve üzerimdeki emeğini asla ödeyemeyeceğim benim en güzel arkadaşım, yol göstericim canım anneanneme bütün kalbimle teşekkür ederim. İyi ki varsınız. Anneanneme...

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Fındık Zarı Ekstraktının Enkapsülasyonu ve Elde Edilen Mikrokapsüllerin Mayonezde Antioksidan Olarak Kullanımı” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/07/2022

Merve ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	19
3.1. Materyal	19
3.2. Ekstraksiyon	19
3.2.1. Geleneksel ekstraksiyon	19
3.2.2. Ultrases destekli ekstraksiyon	20
3.2.3. Ekstraktta yapılan analizler	21
3.2.3.1. DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) ile serbest radikal süpürme kapasitesi tayini.....	21
3.2.3.2. Folin-Ciocalteu yöntemiyle toplam fenolik madde miktarı tayini	22
3.3. Ekstrakt Konsantrasyonu.....	23
3.4. Dondurarak Kurutma.....	23
3.5. Püskürterek Kurutma Yöntemiyle Enkapsülasyon.....	23
3.6. Mayonez Üretimi ve Fındık Zarı Tozlarının Mayoneze Eklenmesi.....	24
3.7. Mayonezlerin Depolanması.....	25
3.8. Mayonez Örneklerinde Yapılan Analizler	26
3.8.1. Peroksit değeri analizi	26
3.8.2. p-anisidin analizi	26
3.8.3. Hızlandırılmış oksidasyon (ransimat) testi	27
3.8.4. Duyusal analiz	27
3.9. Dondurarak Kurutma ve Püskürterek Kurutma Yöntemleriyle Elde Edilen Tozlarda Yapılan Analizler	28
3.9.1. Su aktivitesi	28
3.9.2. Ürün verimi	28
3.9.3. Mikroenkapsülasyon etkinliği	28

3.9.4.Partikül boyutu dağılımı	29
3.9.5.Yığın yoğunluğu analizi	29
3.10.İstatistiksel Analizler	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. Fındık Zarının Geleneksel Ekstraksiyonunda Optimum Sıcaklık, Süre ve Oranın Belirlenmesi	31
4.2. Fındık Zarının Ultrases Destekli Ekstraksiyonunda Optimum Sıcaklık, Süre ve Oranın Belirlenmesi	35
4.3. Optimum Ekstraksiyon Noktalarının Deneysel Verilerle Doğrulanması.....	39
4.4. Püskürterek Kurutma Koşullarının Optimizasyonu	40
4.4.1.Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak bezelye proteini kullanıldığında optimum koşulların belirlenmesi	42
4.4.2.Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanıldığında optimum koşulların belirlenmesi	44
4.4.3.Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak arap zıncı kullanıldığında optimum koşulların belirlenmesi	46
4.4.4.Püskürterek kurutma optimizasyon sonuçlarının doğrulanması.....	47
4.5. Optimum Koşullarda Üretilen Mikrokapsüllerin ve Dondurarak Kurutma Yöntemiyle Elde Edilen Fındık Zarı Tozunun Karakterizasyonu	48
4.6. Mikrokapsüle ve Dondurarak Kurutulmuş Fındık Zarının Mayonezde Doğal Antioksidan Olarak Kullanımı.....	53
4.6.1.Ön deneme sonuçları	53
4.6.2.Mayonez örneklerinin depolama sonuçları.....	58
4.6.3.Duyusal analiz sonuçları.....	67
5. SONUÇLAR	70
6. KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μL	: Mikrolitre
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
m	: Metre
n	: devir sayısı
s	: saniye

Kısaltmalar

p-AD	: p-Anisidin değeri
PD	: Peroksit değeri
Pred- R^2	: Tahminlenmiş regresyon katsayısı
R^2	: Regresyon katsayısı
$R^2_{\text{döl}}$	: Düzeltilmiş regresyon katsayısı
SD	: Serbestlik derecesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kavurma işlemi ile ayrılan fındık zarları.....	8
Şekil 2.2. Püskürterek kurutma sisteminin bölümleri (Peng vd. 2017)	14
Şekil 2.3. Yağ/Su emülsiyon sistemlerinde polar paradoks teoremi (Frankel vd. 1994; Laguerre vd. 2015).....	17
Şekil 3.1. Troloks standartı kalibrasyon eğrisi	22
Şekil 3.2. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	22
Şekil 3.3. Ransimat cihazının şematik olarak gösterimi (Şahin 2019)	27
Şekil 4.1. Ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi ve besleme oranının toplam antioksidan kapasite ($\mu\text{mol TE/g}$) üzerine etkisinin yüzey fonksiyonları.....	34
Şekil 4.2. Giriş sıcaklığı ve kaplama materyali (bezelye proteini) oranının mikroenkapsülasyon etkinliği üzerine etkisinin yüzey fonksiyonları.....	44
Şekil 4.3. Örneklerin partikül dağılım grafiği.....	51
Şekil 4.4. Örneklerin SEM görüntüleri (BP: Bezelye proteini, MD: Maltodekstrin, AZ: Arap zıncı, DK: Dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstaktı tozu)	52
Şekil 4.5. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen ve 4 °C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerleri değişimi.....	55
Şekil 4.6. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen ve 25 °C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerleri değişimi.....	55
Şekil 4.7. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen ve 45 °C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerleri değişimi.....	56
Şekil 4.8. 4°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerlerinin değişimi.....	61
Şekil 4.9. 25°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerlerinin değişimi.....	61
Şekil 4.10. 45°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerlerinin değişimi.....	62
Şekil 4.11. 140°C’de oksidasyona maruz bırakılan arap zıncı mikroenkapsülü eklenen örneğe ait örnek ransimat grafiği.....	64
Şekil 4.12. 140°C’de oksidasyona maruz bırakılan mayonezlerin indüksiyon süreleri.....	64
Şekil 4.13. 4°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı p-anisidin değerleri değişimi.....	66
Şekil 4.14. 25°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı p-anisidin değerleri değişimi.....	66

Şekil 4.15. 45°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı p-anisidin değerleri değişimi.....	67
Şekil 4.16. Duyusal analizde kullanılan mayonezlerin görüntüleri	68



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Farklı bitkisel materyallerin QUENCHER yöntemiyle elde edilen antioksidan kapasite değerleri (Doğan-Cömert ve Gökmen 2017).....	10
Çizelge 3.1. Fındık zarının geleneksel ekstraksiyon deneme deseni	19
Çizelge 3.2. Fındık zarının ultrases destekli ekstraksiyon deneme deseni	20
Çizelge 3.3. Püskürterek kurutma deneme deseni (bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıncı için ayrı ayrı denenmiştir).....	24
Çizelge 3.4. Duyusal analiz formu.....	28
Çizelge 4.1. Geleneksel ekstraksiyon deneme desenine göre elde edilen fındık zarı ekstraktlarının içerdiği toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı	32
Çizelge 4.2. Toplam antioksidan kapasite üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve geleneksel ekstraksiyonun toplam antioksidan kapasite için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler.....	33
Çizelge 4.3. Toplam fenolik bileşen miktarı üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve geleneksel ekstraksiyonun toplam fenolik miktarı için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler.....	34
Çizelge 4.4. Ultrases destekli ekstraksiyon deneme desenine göre elde edilen fındık zarı ekstraktlarının içerdiği toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı	35
Çizelge 4.5. Toplam antioksidan kapasite üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve ultrases destekli ekstraksiyonun toplam antioksidan kapasite için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler.....	37
Çizelge 4.6. Toplam fenolik bileşen miktarı üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve ultrases destekli ekstraksiyonun toplam fenolik bileşen miktarı için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler.....	37
Çizelge 4.7. Ekstraksiyon optimizasyonuna ilişkin deneysel ve teorik verilerin karşılaştırılması	39
Çizelge 4.8. Ultrases destekli ekstraksiyonun optimum koşullarında farklı ölçeklerde yapılarak elde edilen ekstraktların antioksidan değerlerinin tahmin edilen değerlerle karşılaştırılması	40
Çizelge 4.9. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak bezelye proteini kullanıldığında mikroenkapsülasyon etkinlikleri	42
Çizelge 4.10. Mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve püskürterek kurutmanın mikroenkapsülasyon etkinliği için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler.....	43

Çizelge 4.11. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanıldığında mikroenkapsülasyon etkinlikleri.....	44
Çizelge 4.12. Mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve püskürterek kurutmanın mikroenkapsülasyon etkinliği için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler.....	45
Çizelge 4.13. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak arap zımmı kullanıldığında mikroenkapsülasyon etkinlikleri.....	46
Çizelge 4.14. Mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve püskürterek kurutmanın mikroenkapsülasyon etkinliği için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler.....	47
Çizelge 4.15. Optimum koşullarda püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüllerinin mikroenkapsülasyon etkinliğine ilişkin tahminlenen ve deneysel değerleri.....	48
Çizelge 4.16. Optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerleri	49
Çizelge 4.17. Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğun yoğunluğu ve akabilirlik sonuçlarına ait varyans analiz tablosu.....	49
Çizelge 4.18. Optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozunun partikül boyutu değerleri.....	50
Çizelge 4.19. Partikül boyutu sonuçlarına ait varyans analiz tablosu.....	51
Çizelge 4.20. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı peroksit değerleri (meq O ₂ /kg).....	54
Çizelge 4.21. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin peroksit değerlerine ait varyans analiz sonuçları	56
Çizelge 4.22. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı p-anisidin değerleri (mmol/kg).....	57
Çizelge 4.23. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin p-anisidin değerlerine ait varyans analiz sonuçları	57
Çizelge 4.24. Farklı kaplama materyalleri ile elde edilen mikrokapsüller ve dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı peroksit değerleri (meq O ₂ /kg).....	59
Çizelge 4.25. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin peroksit değerlerine ait varyans analiz sonuçları	62
Çizelge 4.26. Farklı kaplama materyalleri ile elde edilen mikrokapsüller ve dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı p-anisidin değerleri (mmol/kg).....	65
Çizelge 4.27. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin p-anisidin değerlerine ait varyans analiz sonuçları	67

Çizelge 4.28. Mayonezlerin duyusal analiz sonuçları	68
Çizelge 4.29. Mayonezlerin duyusal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları	69



1. GİRİŞ

Özellikle insanların yaşam şekillerinin değişmesi, zamanlarının büyük bir kısmını mesleki uğraşlarına ayırmaları tüketim alışkanlıklarının değişmesine neden olmuş ve fast food olarak sınıflandırılan sandviç ve hamburger gibi gıdaların tüketimi her geçen gün artış göstermiştir. Bununla birlikte, bahsedilen gıdaların tüketiminin yaygınlaşmasına bağlı olarak, pek çok sosun üretimi de tüm dünyada hızla yaygınlaşmıştır. Dünyada en çok tercih edilen soslardan biri olan mayonez, ülkelerin mutfak kültürlerine bağlı olarak makarnalar, salatalar ve mezelerde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Geleneksel bir mayonez; bitkisel yağ, yumurta, sirke ve baharatların karışımından oluşmakta olup formülasyonun önemli bir kısmını (%70-80) bitkisel yağ oluşturmaktadır. Suya göre yüksek yağ içeriğine sahip olmasına rağmen mayonez, suda yağ (Y/S) tipi bir emülsiyondur. Yüksek oranda yağ içeren tüm gıdalarda olduğu gibi, mayonezin de yağların yapısındaki doymamış yağ asitleri dolayısıyla lipid oksidasyonuna karşı hassas olduğu bilinmektedir. Ayrıca mayonez gibi emülsifiye gıdalarda, yağın çok büyük bir alanının önemli ölçüde çözünmüş oksijen içerebilen sulu bir faza maruz kalması ve karıştırma işlemiyle emülsiyonda hava kabarcıklarının ortaya çıkması nedeniyle de oksidasyona hassasiyet artmaktadır (Depree ve Savage 2001; Alizadeh vd. 2019). Genel olarak mayonez gibi çok fazlı sistemlerde oksidasyon reaksiyonları; ara yüzeyle ilgili olup yağ ve su fazlarının fizikokimyasal özellikleri, emülgatör tipi ve yağ fazının yüzey alanı gibi birçok faktörden etkilenebilen daha kompleks bir oluşumdur. Mayonezde istenmeyen tat, koku ve sağlığa zararlı olma potansiyeli olan reaksiyon ürünlerinin oluşmasına neden olan ve dolayısıyla ürünün raf ömrünü azaltan lipid oksidasyonu sorununu engellemek veya azaltabilmek amacıyla antioksidan kullanılması yaygın olarak tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu amaçla dünyada, BHA (bütillenmiş hidroksi anisol), BHT (bütillenmiş hidroksi toluen), TBHQ (tersiyer bütıl hidrokinon) ve EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) gibi sentetik antioksidanlar mayonez için sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak, özellikle son yıllarda çoğu tüketicinin, sentetik antioksidanları olası sağlık riskleri dolayısıyla tercih etmediği ve içeriği tamamen doğal olan ürünlere yöneldiği görülmektedir (Barlow 1990; Rasmy vd. 2012; Li vd. 2014; Raikos vd. 2016). Bu sebeple, gıda ürünlerinin oksidatif stabilitesini arttırmak amacıyla doğal antioksidan maddelerin gıda ürünlerine dahil edilmesi, tüketici beklentilerini karşılayabilmek açısından bir gereklilik olarak görülmektedir (Barlow, 1990; Hermund vd. 2015; Shabbir vd. 2015; Ghorbani Gorji vd. 2016). Dünyada da bu talebe yönelik olarak üreticilerin, ürünlerini yeniden doğal içeriklerle formüle ederek “clean label” veya “all natural” etiketli ürün geliştirme gayretlerinin olduğu görülmektedir. Bu amaçla antioksidan bileşenlerce zengin bitkisel materyaller doğal antioksidan kaynağı olarak dikkat çekmekte ve bunlardan elde edilen ekstrakt ya da bileşenlerin mayonezde oksidasyonu engellemeye yönelik etkileri üzerine yapılan çalışmaların son yıllarda arttığı görülmüştür. Ayrıca bitkisel materyaller ile yapılan çalışmaların önemi ve etkinliğinin yanı sıra, antioksidan bileşenlerce zengin gıda endüstrisi bitkisel atıklarının katma değer kazandırılarak değerlendirilmesinin; toplum, çevre ve ekonomi üzerindeki önemli etkisi doğal antioksidan kaynağı olarak bitkisel atık kullanımını son yıllarda öne çıkarmaktadır (Yağcı vd. 2006; Martillanes vd. 2020; Tezel ve Yıldız 2020). Bu anlamda fındık üretiminde dünyada ilk sırada bulunan ülkemiz için önemli atıklardan biri olan fındık zarı da dikkat çekmektedir. Kavurma işlemiyle fındığın katmanlı formda bulunan zarları arasındaki pektik polisakkaritler uygulanan sıcaklığın etkisiyle kısmen denatüre olmakta ve katmanları bağlama özelliği

kaybolmaktadır. Bu sayede, kavrulmuş fındık zarlarının iç fındıktan ayrılabilmesi mümkün olmaktadır. Fındık zarının fenolik bileşenlerce zengin bir kaynak olduğu rapor edilmiştir (Shahidi vd. 2007; Contini vd. 2008; Alasalvar vd. 2009; Göncüoğlu-Taş ve Gökmen 2015). Fındık zarının antioksidan potansiyelinin kullanıma dönüştürülebilmesindeki birincil önemli işlem doğru ve verimli bir şekilde ekstraksiyonunun sağlanabilmesidir. Bitkisel kaynaklardan fenolik bileşikler gibi maddelerin elde edilmesinde kullanılan geleneksel ekstraksiyon tekniklerinin süresinin uzun olması, düşük seçiciliğe ve düşük verime sahip olmaları, toksik çözen kullanımı, ilave uygulanacak çözen uzaklaştırma prosesi gibi olumsuz özelliklerinden dolayı yeni ekstraksiyon yöntemlerine eğilim giderek artmıştır. Çevreye dost, daha az kimyasal tüketimi gerektiren, uygulanması ve ekstraksiyon süresi kısa olan, verimi yüksek ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Ghafoor vd. 2010; Roy vd. 2012; Brglez-Mojzer vd. 2016; Bubalo vd. 2016). Doğal bitki ekstraktlarının gerek depolama gerekse de gıdalara işlenmeleri sırasındaki stabilitelerinin düşük olması ve kendine özgü renk ile lezzet bileşenleri nedeniyle kullanıldıkları gıdaların duyusal özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Bundan dolayı antioksidan olarak kullanılma potansiyeli olan doğal ekstraktlar için söz konusu olumsuzlukların engellenmesine yönelik olarak püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsülasyon işleminden yararlanılmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda tez kapsamında; i) antioksidan aktivitesi yüksek bir gıda endüstrisi atığı olan fındık zarının su ile ekstraksiyon (geleneksel ve ultrases destekli) koşullarının optimizasyonu, ii) elde edilen ekstraktın 3 farklı kaplama materyali (bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıkkı) için püskürterek kurutma şartlarının kullanılan kaplama materyali oranı ve kurutma sıcaklığına göre optimizasyonu, iii) her bir kaplama materyali için optimum şartlarda elde edilen mikrokapsüllerin yüksek yağ içeriğine sahip olan ve en önemli kalite problemlerinden birinin lipid oksidasyonu olduğu bilinen mayonezde sentetik antioksidanların (TBHQ ve EDTA) yerine kullanım potansiyeli araştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Dünyada en çok tercih edilen soslardan biri olan mayonezin kökeni ile ilgili bir takım fikir ayrılıkları bulunmakla birlikte, uzun yıllardır tüketilmekte olduğu bilinmektedir. İlk olarak 1900'lü yılların başında endüstriyel olarak üretildiği bilinen mayonez, bu dönemden itibaren insanların beslenme alışkanlıklarında yer edinmeye başlamış ve gıda endüstrisinde büyük ilgi uyandırmıştır. Özellikle insanların yaşam şekillerinin değişmesi, zamanlarının büyük bir kısmını mesleki uğraşlarına ayırmaları tüketim alışkanlıklarının da değişmesine neden olmuş ve fast food olarak sınıflandırılan sandviç ve hamburger gibi gıdaların tüketimi her geçen gün artış göstermiştir. Bahsedilen gıdaların tüketiminin yaygınlaşmasına bağlı olarak mayonez başta olmak üzere pek çok sosun üretimi de tüm dünyada hızla yaygınlaşmıştır (Harrison ve Cunningham 1983; Depree ve Savage 2001; Komaç 2018). Mayonez sandviçler dışında, ülkelerin mutfak kültürlerine bağlı olarak makarnalar, salatalar ve mezelerde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Geleneksel bir mayonez; bitkisel yağ, yumurta, sirke ve baharatların karışımından oluşmakta olup formülasyonun önemli bir kısmını (%70-80) bitkisel yağ oluşturmaktadır. Suya göre yüksek yağ içeriğine sahip olmasına rağmen mayonez, suda yağ (Y/S) tipi bir emülsiyondur (Depree ve Savage 2001).

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA)'a göre yarı katı bir gıda olarak tanımlanan mayonezin bileşiminde ağırlıkça en az %65 oranında bitkisel yağ, asitliği düzenleyici madde olarak limon, sirke, sitrik asit ve malik asit, yumurta ürünleri (sıvı yumurta/yumurta sarısı, dondurulmuş yumurta/yumurta sarısı, kurutulmuş yumurta), tuz, karbonhidrat bazlı tatlandırıcı, doğal lezzet maddeleri (safran ve zerdeçal hariç), monosodyum glutamat, lesitin ve yağ asitlerinin polygliserol esterlerinin bulunabileceği belirtilmiştir (Anonim 1). Türk Standartları (TS 9777 ve 10914)'na göre ise mayonez bitkisel sıvı yağ, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, asitliği düzenleyiciler, diğer katkı maddeleri, çeşni maddeleri ve içme suyu ilavesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanan emülsiyon halinde kıvamlı bir ürün olarak tanımlanmaktadır. Bitkisel sıvı yağ olarak zeytinyağı, pamuk yağı, mısırözü yağı, ayçiçek yağı ve diğer yemeklik bitkisel yağlardan bir veya birkaçının karışımı; yumurta ve ürünleri olarak yumurta ve bundan elde edilen yumurta sarısı, yumurta tozu, dondurulmuş yumurta ve yumurta salamura; asitlendirici ve aroma verici olarak sirke, sitrik asit, limon suyu, laktik asit ve asetik asit; çeşni maddeleri olarak tuz, şeker, hardal, meyve sebze ve baharat ekstraktları ile süt ürünleri kullanılabilir. Bu standartta mayonezin toplam yağ içeriğinin en az %75, yumurta sarısı içeriğinin en az %6 ve pH değerinin ise en çok 4 olması gerektiği belirtilmektedir (Koçak 2006; Anonim 2).

Mayonez üretiminde kullanılan her bir bileşen gerek ürün yapısı gerekse de duyuusal özellikler üzerine farklı fonksiyonlara sahiptir. Mayonez üretiminde başlıca ayçiçek yağı olmak üzere pamuk ve mısır yağları gibi farklı bitkisel yağlar kullanılmaktadır. Ürün formülasyonunun büyük bir kısmını yağ oluşturduğundan yağın kalitesi ürünün lezzeti ve emülsiyonun stabilitesi açısından oldukça önemlidir (Depree ve Savage 2001). Yüksek oranda yağ içeren tüm gıdalarda olduğu gibi, mayonezde de yağların yapısındaki doymamış yağ asitleri dolayısıyla lipid oksidasyonuna karşı bir hassasiyet oluşmaktadır (Depree ve Savage 2001; Ghorbani Gorji vd. 2016). Mayonezin formülasyonunda bulunan yumurta sarısının, demir iyonu içerdiği ve demir iyonlarının mayonezin sahip olduğu düşük pH değerinin de etkisiyle oksidasyon sürecinin başlamasında etkili olabildiği ifade edilmektedir (Decker 1998; Jacobsen vd. 1999;

Thomsen vd. 2000; Jacobsen vd. 2001). Ayrıca mayonez gibi emülsifiye gıdalarda, yağın çok büyük bir alanının önemli ölçüde çözünmüş oksijen içerebilen sulu bir faza maruz kalması ve karıştırma işlemiyle emülsiyonda hava kabarcıklarının ortaya çıkması nedeniyle de oksidasyona hassasiyet artmaktadır (Depree ve Savage 2001; Alizadeh vd. 2019). Genel olarak mayonez gibi çok fazlı sistemlerde oksidasyon reaksiyonları; ara yüzle ilgili olup yağ ve su fazlarının kimyasal bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri, emülgatör tipi ve yağ fazının yüzey alanı gibi birçok faktörden etkilenebilen daha kompleks bir oluşumdur (Silvestre vd. 2000; Nuchi vd. 2002; Kishk ve Elsheshetawy 2013). Bu oluşum başlangıç (initiation), hızlanma (propagation) ve sonlanma (termination) aşamaları olmak üzere üç aşamada gerçekleşen bir zincir reaksiyonudur. Başlangıç aşamasında; sıcaklık, ışık, oksijen ve metal iyonları gibi faktörlerin etkisiyle doymamış yağ asidinden (RH) hidrojen atomu ayrılmakta ve serbest radikal (R^*) oluşmaktadır. Hızlanma aşamasında ise; serbest radikallerin (R^*), ortamda bulunan oksijen ile reaksiyona girmesiyle peroksi radikali (ROO^*) oluşmaktadır. Oluşan peroksi radikalinin, nötr yapıya geçebilmek için doymamış yağ asidine (RH) etki etmesiyle birincil oksidasyon ürünleri olan hidroperoksitler ($ROOH$) meydana gelmektedir. Hidroperoksitler oldukça kararsız bir yapıya sahip olup sonlanma aşamasında parçalanarak yağda kötü koku ve tada sebep olan aldehitler, ketonlar, organik asitler ve alkoller gibi ikincil oksidasyon ürünleri oluşmaktadır (Frankel 1984; Shahidi ve Zhong 2005; Ghorbani Gorji vd. 2016). Oluşan ikincil oksidasyon ürünleri toksik yapıda olabilmekte ve sağlığı olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Ramarathnam vd. 1995).

Mayonezde istenmeyen tat, koku ve sağlığa zararlı olma potansiyeli olan reaksiyon ürünlerinin oluşmasına neden olan ve dolayısıyla ürünün raf ömrünü azaltan lipid oksidasyonu sorununu engellemek veya azaltabilmek amacıyla antioksidan kullanılması yaygın olarak tercih edilen yöntemlerden biridir (Coupland ve McClements 1996; Alemán vd. 2015; Ghorbani Gorji vd. 2016). Antioksidanlar, okside olabilen bir substratın oksidasyonunu o substrata kıyasla düşük konsantrasyonlarda bulunduğu önemli ölçüde geciktiren veya inhibe eden bileşikler olarak bilinmektedir (Halliwell 1990). Genel olarak; serbest radikallerin temizlenmesi, oksidasyonu hızlandıran metal iyonlarının şelasyonu, singlet oksijenin söndürülmesi, lipoksigenazın inaktivasyonu ve otooksidasyon zincir reaksiyonlarının yayılmasını engelleyici mekanizmalarla etkili olabilen (Pellegrini vd. 2003; Pokorny 2007; Doğan-Cömert ve Gökmen 2017) antioksidanlar doğal ve sentetik olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir (Bensid vd. 2022). Bu amaçla dünyada, BHA (bütillenmiş hidroksi anisol), BHT (bütillenmiş hidroksi toluen), TBHQ (tersiyer bütıl hidrokinon) ve EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) mayonez için sıklıkla kullanılan sentetik antioksidanlardır (Martínez-Tomé vd. 2001; Rasmy vd. 2012; Ghorbani Gorji vd. 2016; Ahmedi-Dastgerdi vd. 2019). BHA, BHT, TBHQ ve Propil Gallat (PG) sentetik fenolik antioksidanlar olup oksidasyon reaksiyonuyla oluşan peroksite etki ederek reaksiyonun devam etmesine engel olarak oksidasyonu inhibe etmektedir. Ancak, sentetik fenolik antioksidanların aşırı kullanımı DNA hasarına, oksidatif stres indüksiyonuna sebep olabilirken kanserojen, sitotoksik ve endokrin bozucu etkilerinin de olabileceği belirtilmiştir (Yang vd. 2017; Xu vd. 2021). Ayrıca, sentetik fenolik antioksidanların metabolitlerinin de zararlı etkilerinin olabileceği belirtilmiş olup BHA'nın olası kanserojen etkisinin, metabolitleri olan TBHQ ve TQ (2-tert-butyl-p-diquinone) üretimi ile ilişkili olduğundan bahsedilmiştir. Bu durumun sebebi tam olarak netlik kazanmış olmasa da, Sitokrom P450 enziminin etkisiyle BHA'nın, TBHQ'ya metabolize edildiği ve oluşan TBHQ'nun peroksidaz

etkisiyle TQ metabolitini oluşturduğu ifade edilmiştir. Oluşan TBHQ ve TQ metabolitlerinin ise, DNA'ya saldırdığı ve dolayısıyla BHA'nın kanserojen etkisinin bu şekilde açıklanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca elektrofilik bir reaktif olan TQ, glutatyon (GSH) seviyesini azaltırken hücrelerdeki reaktif oksijen türleri (ROS) seviyesinin artmasına sebep olmakta ve böylece oksidatif strese neden olarak da kanserojen etkiye neden olabileceği ifade edilmektedir (Verhagen vd. 1991; Yu vd. 2000; Xu vd. 2021). Dolayısıyla, TBHQ antioksidanının da benzer şekilde, TQ metabolitinin etkisiyle kanserojen etki gösterebildiği söylenebilmektedir (Li vd. 2002; Gharavi vd. 2007; Xu vd. 2021). Ayrıca hem BHA'nın hem de TBHQ'nun gerek kendileri gerekse de metabolitlerinin etkileri dolayısıyla sitotoksik etki gösterebilecekleri belirtilmiştir (Nakagawa vd. 1994; Li vd. 2002; Okubo vd. 2003; Xu vd. 2021). Benzer şekilde propil gallat ve metaboliti olan gallik asitin de sitotoksik etkiye sebep olabileceği bildirilmiştir (Nakagawa ve Tayama 1995a; Nakagawa vd. 1995b; Nakagawa vd. 1996; Kobayashi vd. 2004; Dolabadi ve Kashanian 2010).

BHT ve metabolitlerinin de kanserojen ve sitotoksik olabileceği belirtilirken, Türk Gıda Kodeksi (TGK)'nde mayonezde kullanılmasına izin verilen antioksidanlar arasında yer almamaktadır (Oikawa vd. 1998; Xu vd. 2021; Anonim 3). TGK'de BHA, TBHQ, Propil Gallat'ın kullanımı 200 mg/kg yağ olarak sınırlandırılmıştır (Anonim 3). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), olası endokrin bozulmalarına ve kanserojen etkilere dayanarak yetişkinler ve çocuklar için BHA'nın günlük kabul edilebilir alımının (ADI) 1 mg/kg vücut ağırlığı olduğunu belirtmiştir (Anonim 4).

BHT'nin günlük kabul edilebilir alım değeri (ADI) ise, 0.25 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir (Anonim 5). TBHQ, 1998 yılında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Dünya Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) altında faaliyetlerini sürdüren "Gıda Katkı Maddeleri Konusunda Uzman Komite (JECFA)" tarafından katkı maddesi olarak kabul edilmiş, 2004 yılında da Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından onaylanmıştır. EFSA'ya göre TBHQ'nun günlük kabul edilebilir alım değeri (ADI) 0.7 mg/kg vücut ağırlığı'dır (Anonim 6). Propil Gallat'ın ADI değeri ise 0.5 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir (Anonim 7). 60 kg ağırlığında bir insanın ADI değerleri yaklaşık, BHA, BHT, TBHQ ve PG için 60 mg, 15 mg, 42 mg ve 30 mg olup sırasıyla sırasıyla 332 µM, 68 µM, 252 µM ve 141 µM'ye eşdeğer olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte çalışmalar, BHA'nın sitotoksik etkisiyle ilgili olarak 300-500 µM aralığındaki konsantrasyonlarda yeni doğan sıçan hepatositlerinin (bağırsaktan emilen besin maddelerinin kan yoluyla geldiği ve vücuda yararlı hale getirildiği hücrelerin genel adı) konsantrasyona bağlı apoptozunu indükleyebileceğini (hücre ölümüne sebep olabileceğini) göstermiştir (Yu vd. 2000; Xu vd. 2021).

Bununla birlikte fenolik yapıdaki sentetik antioksidanların zararları hakkındaki çalışmaların çoğu hayvanlar üzerindeki etkilerine yönelik olduğu ve insanda BHA, BHT ve TBHQ'nun farmakokinetiği üzerine az sayıda çalışma bulunduğu ifade edilmektedir (Xu vd. 2021). Ayrıca mayonezde sıklıkla kullanılan metal şelatlayıcı etkisiyle antioksidan özellik gösteren EDTA'nın da günlük alım değeri 2.5 mg/kg vücut ağırlığı olarak kısıtlanmıştır (Anonim 8). Tüm bu yasal limitler ve yapılan bilimsel çalışmaların sonucu olarak özellikle son yıllarda çoğu tüketici, sentetik antioksidanları olası sağlık riskleri dolayısıyla tercih etmemekte ve içeriği tamamen doğal olan ürünlere yönelmektedir (Barlow 1990; Rasmy vd. 2012; Li vd. 2014; Raikos vd. 2016). Bu sebeple, gıda ürünlerinin oksidatif stabilitesini arttırmak amacıyla doğal antioksidan

maddelerin gıda ürünlerine dahil edilmesi, tüketici beklentilerini karşılayabilmek açısından bir gereklilik olarak görülmektedir (Barlow, 1990; Hermund vd. 2015; Shabbir vd. 2015; Ghorbani Gorji vd. 2016). Dünyada da bu talebe yönelik olarak üreticilerin, ürünlerini yeniden doğal içeriklerle formüle ederek “clean label” veya “all natural” etiketli ürün geliştirme gayretlerinin olduğu görülmektedir (McClement ve Gümüş 2016; Gümüş 2017). Temiz etiket, yasal olarak tanımlanmış olmasa da bu tür ürünlerde organik bir üretim prosesi ve/veya sentetik bir katkı maddesi kullanılmamış olması beklenmektedir (Maruyama vd. 2021).

Bu amaçla antioksidan bileşenlerce zengin bitkisel materyaller doğal antioksidan kaynağı olarak dikkat çekmekte ve bunlardan elde edilen ekstrakt ya da bileşenlerin mayonezde oksidasyonu engellemeye yönelik etkileri üzerine yapılan çalışmaların son yıllarda arttığı görülmüştür (Rasmy vd. 2012; Kwon vd. 2015; Shabbir vd. 2015; Ghorbani Gorji vd. 2019).

Doğal antioksidan bileşenlerden tokoferol, askorbik asit ve karotenoidlerin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu bilinmektedir. Fenolik bileşiklerin ise bu bileşiklerden daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olabildiği ifade edilmiştir (Rice-Evans vd. 1996; Doğan Cömert ve Gökmen 2017). Bununla birlikte yüksek antioksidan kapasiteye sahip materyallerin mayonezde her zaman oksidasyonu engelleyemediği hatta prooksidan etkiye sebep olabildiği görülmüştür. Örneğin, radikal zincir reaksiyonunu kırarak veya serbest radikal süpürücü etki mekanizmalarıyla etki eden ve yüksek antioksidan özellikte olan askorbik asitin, mayonezde yumurta sarısının yapısında bulunan Fe^{+3} iyonunu, oksidasyon reaksiyonunu hızlandırmada daha aktif olan Fe^{+2} iyonuna indirgediği ve bu sebeple mayonezde prooksidan etkiye sebep olabildiği ifade edilmiştir. Bu noktada doğal antioksidanların mayonezdeki etkilerinin açıklanmasına yönelik çalışmaların artırılmasının önemli olduğu görülmektedir (Jacobsen vd. 2001; Ghorbani Gorji vd. 2016).

Bitkilerin yaprak, tohum, kabuk ve çiçeklerinde bulunan ikincil metabolitler olan fenolik bileşenlerin 8000’den fazla sayıda çeşidi olduğu bilinmektedir (Pereira vd. 2016; Doğan Cömert ve Gökmen 2017). Fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri yapılarında bulunan, eşleşmemiş bir elektronu stabilize edebilen ve delokalize edebilen aromatik halkalarından kaynaklanmaktadır (Rice-Evans vd. 1997; Doğan Cömert ve Gökmen 2017). Fenolik antioksidanların yapısının, aromatik halkaları boyunca konumlanan hidroksil gruplarından, serbest radikallerin temizlenmesi veya metallerin şelatlanması için hidrojen atomlarının veya elektronların verilmesini kolaylaştırdığı ve dolayısıyla serbest radikal süpürücü veya metal şelatlayıcı olarak oksidasyon işlemlerini geciktirebildiği ifade edilmiştir (Shahidi ve Ambigaipalan 2015; Lien vd. 2016; Doğan Cömert ve Gökmen 2017). Fenolik bileşiklerin antioksidan kapasitesi, moleküldeki hidroksil gruplarının sayısına ve konumuna bağlı olarak değişmektedir (Cao vd. 1997; Sang vd. 2002; Doğan Cömert ve Gökmen 2017). Fenolik bileşikler flavonoidler, fenolik asitler, fenolik alkoller, stilbenler, lignanlar ve tanenler olmak üzere 6 gruba ayrılabilir (Doğan Cömert ve Gökmen 2017).

Fenolik bileşiklerin en büyük grubu olan flavonoidler, iki benzen halkası (aromatik halka) ve bu halkaları birbirine bağlayan 3 karbonlu köprüden oluşmakta olup 15 karbon atomlu $C_6-C_3-C_6$ yapısındadır (Balasundram vd. 2006; Doğan Cömert ve Gökmen 2017). Flavonoidlerden sonra en yaygın bulunan fenolik bileşik grubu olan

fenolik asitler, benzen halkasına bağlı bir karboksilik gruptan oluşan C₆-C₁ yapısında bulunan hidroksibenzoik asitler ve C₆-C₃ karbon yapısında olan hidroksinamik asitten oluşmaktadır. Temel iskelet yapı aynı olmasına rağmen aromatik halka üzerindeki hidroksil gruplarının konumu ve sayısı geniş bir çeşitlilik kaynağı oluşturmaktadır. Aromatik halkaya eklenen moleküller incelendiğinde hidroksinamik asitlerin karşılık gelen hidroksibenzoik asitlerden genellikle daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Andreasen vd. 2001; Doğan Cömert ve Gökmen 2017).

Bitkisel materyallerin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde analiz yönteminin oldukça önemli olduğu ve uygulanan analiz yöntemine göre, toplam antioksidan kapasite ile toplam fenolik bileşen miktarı arasında her zaman bir korelasyon gözlenmeyebileceği belirtilmiştir (Dorman vd. 2003; Trouillas vd. 2003; Miliauskas vd. 2004; Ardağ 2008). Toplam fenolik bileşen miktarının toplam antioksidan kapasite ile ilişkisinin değerlendirilebilmesi için, toplam fenolik bileşen miktarıyla yüksek korelasyon gösteren DPPH yöntemi öne çıkmaktadır (Bibi-Saader vd. 2020). Yöntem, ilk kez Blois (1958) tarafından 1,1-difenil-2-pikril hidrazil (DPPH) radikallerinin, antioksidanların analizinde kullanılabileceğinin belirlenmesiyle ortaya çıkmış, Brand-Williams ve arkadaşları tarafından yöntem geliştirilmiştir (Brand-Williams vd. 1995). Analiz DPPH radikalinin mor olan renginin antioksidan maddeden aldığı hidrojen veya elektronlar dolayısıyla indirgenmiş bir forma (DPPH veya DPPH-H) dönüşmesi ve mor olan renginin kaybolmasıyla oluşan oluşan sarı rengin absorbansının 517 nm’de ölçülmesine dayanmaktadır (Bibi-Saader vd. 2020).

Ayrıca bitkisel materyaller ile yapılan çalışmaların önemi ve etkinliğinin yanı sıra, antioksidan bileşenlerce zengin gıda endüstrisi bitkisel atıklarının katma değer kazandırılarak değerlendirilmesinin; toplum, çevre ve ekonomi üzerindeki önemli etkisi doğal antioksidan kaynağı olarak bitkisel atık kullanımını son yıllarda öne çıkarmaktadır (Yağcı vd. 2006; Martillanes vd. 2020; Tezel ve Yıldız 2020). Hububat ürünleri, meyve suyu, zeytinyağı ve şeker gibi bitkisel gıdaların üretim tesislerinde oluşan atıklar daha çok hayvan yemi ve gübre olarak değerlendirilmekte olup bu atıkların katma değeri yüksek ürün üretiminde hammadde olabilmeye potansiyelleri de oldukça yüksektir. Bahsedilen katma değer kazandırılmış ürünlerin başında renk maddeleri, pektin, antioksidan maddeler gibi katkı maddeleri gelmektedir. Ayrıca, kavurma işleminin uygulandığı fındık ve kahve gibi ürünlerin kavurma aşamasında da zararlı ayrılmakta ve bu zararlıların da antioksidan bileşenler açısından zengin olduğu bilinmektedir.

Fındık üretiminde dünyada ilk sırada bulunan ülkemizde 2018 yılında, 515 000 ton fındık üretilerek dünya fındık üretiminin yaklaşık %60’ı karşılanmış ve 2018 yılından geriye son beş yıllık üretim ile ilgili verilerin ortalaması alındığında 541 000 ton üretim miktarı ile dünya fındık üretiminin %62’sinin gerçekleştirildiği görülmüştür (Anonim 9). Ülkemizde üretilen fındığın önemli bir kısmı (%80-85) ihraç edilmekte olup 2018 yılında %18’i işlenmiş fındık (işlenmiş bütün fındık), %25’i ise ileri işlenmiş fındık (kıyılmış iç fındık, fındık unu, fındık püresi) olarak ihraç edilmiştir (Anonim 10).

Fındık, kavrukları da tüketilebilmekte olup kavurma işlemiyle istenilen tekstür, renk, tat ve aromanın sağlanabilmesi dolayısıyla fırıncılık ve şekerleme ürünlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Saklar vd. 2003; Alasalvar vd. 2003; Özdemir ve Devres 2000a; Alasalvar vd. 2010). Bu değişikliklerin önemli oranda “Maillard Reaksiyonu”

olarak adlandırılan, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonundan kaynaklandığı ifade edilmektedir (Buckholz vd. 1980; Özdemir ve Devres 2000a;). Ayrıca, kavurma işlemi ile lipaz ve lipoksigenaz enzimlerinin ve mikroorganizmaların inaktivasyonu da sağlanmaktadır (Durmaz ve Gökmen 2010).

Ancak kavurma işlemi, bir takım istenmeyen değişikliklere de sebep olabilmektedir; Maillard Reaksiyonu'nun bulunduğu bahsedilen organoleptik özelliklerine olan katkısının yanı sıra toplam amino asitlerin ve lizin gibi esansiyel amino asitlerin konsantrasyonunda azalmaya neden olabileceği ifade edilirken ayrıca kavurmanın şeker degradasyonu, lipid oksidasyonu ve vitamin degradasyonuna da sebep olabileceği belirtilmektedir (Özdemir vd. 2001; Martins vd. 2001; Durmaz ve Gökmen 2010; Taş 2017). Bunların yanı sıra kavurma işlemi ile ısıya hassas bir takım antioksidan bileşen zarar görebilirken, Maillard Reaksiyonu ile antioksidan özellik gösteren melonoidin gibi ürünler oluşabilmektedir. Kavurma işleminin, antioksidan aktivite üzerindeki net etkisi bu degradasyon ve oluşum mekanizmaları arasındaki dengeye bağlıdır (Nicoli vd. 1999; Açar vd. 2009). Ancak, fındık gibi kabuklu yemişlerde bu dengeyi etkileyen önemli faktörlerden biri de yapılarında bulunan zarların ısı işlem etkisiyle ayrılması olduğu belirtilmektedir (Garrido vd. 2008; Chandrasekara vd. 2011; Pelvan vd. 2012; Locatelli vd. 2015; Göncüoğlu-Taş ve Gökmen 2017). Şöyle ki; fındık zarı, fındığın perisperm dokusu olup etrafındaki kahverengi tabakadır. Kavurma işlemiyle fındığın, katmanlı formda bulunan zarları arasındaki pektik polisakkaritler uygulanan sıcaklığın etkisiyle kısmen denatüre olmakta ve katmanları bağlama özelliği kaybolmaktadır (Şekil 2.1). Bu sayede, kavrulmuş fındık zarlarının iç fındıktan ayrılabilmesi mümkün olmaktadır (Aguilera ve Stanley 1999; Saklar vd. 2003; Yılmaz 2015).



Şekil 2.1. Kavurma işlemi ile ayrılan fındık zarları

Ayrıca, kavrulmadan işlenen fındıklardan da kavrulmamış fındık zarı sektörde beyazlatma işlemi olarak bilinen farklı yollarla ayrılabilir. Fındık işleme fabrikalarında oluşan fındık zarı atığı miktarı ile ilgili net bir bilgi bulunmamasından dolayı, fındığın ağırlıkça %2.5'unun zardan oluştuğu (Alasalvar vd. 2009; Göncüoğlu-Taş ve Gökmen 2015) ve yıllık ortalama ihraç edilen 412.000 ton fındığın %43'ünün, iç pazarda kullanılan fındıkların ise yaklaşık olarak %70'inin işlenmesinden yola çıkarak yıllık 6231 ton fındık zarının atık olarak oluştuğu tahmin edilmektedir.

Fındıkta da antioksidan aktivite, birçok kabuklu yemişte olduğu gibi zarlarında yoğunlaşmıştır (Shahidi vd. 2007; Locatelli vd. 2015; Göncüoğlu-Taş ve Gökmen 2017). Nitekim, Göncüoğlu-Taş ve Gökmen (2015)'in on dört farklı fındık türünde yaptığı çalışmaya göre kavrulmamış fındık zarlarının kavrulmamış zarsız formda bulunan fındığa göre 100 kat daha fazla antioksidan miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada fındık zarının antioksidan aktivitesi Blomhoff vd. (2006) tarafından rapor edilen bazı bitkisel ürünlerin rapor edilen antioksidan aktivite değerleri ile karşılaştırılmış ve 1 g kavrulmamış fındık zarının antioksidan içeriğinin; 1.4 g tarçına, 10 g bitter çikolataya, 16.7 g yaban mersinine ve 55 ml yeşil çaya denk olduğu ifade edilmiştir. Her ne kadar 2 çalışmada kullanılan ekstraksiyon şartları ve kullanılan yöntem farklılıklardan dolayı antioksidan aktivite değerleri farklılık gösterebilir olsa da bu sonuçların fındık zarının antioksidanca zengin olarak bilinen gıdalara kıyasla antioksidan açıdan güçlü olduğunu göstermektedir.

Pelvan vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise, yedi farklı fındık türünün (Çakıldak, Foşa, Karafındık, Mincane, Palaz, Sivri ve Tombul) toplam antioksidan ve toplam fenolik miktarları üzerine kavurma işleminin etkisi değerlendirilmiş ve kavurma sonucunda toplam fenolik bileşen miktarında ortalama %66.3, toplam antioksidan miktarlarında ise ortalama %41.6 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Kavurma işlemi ile zarların tam olarak ayrılmadığı Mincane türünde, toplam antioksidan ve toplam fenolik miktarındaki azalmanın en az oranda olduğu görülmüş ve fındık zarlarının ayrılmasının, antioksidan ve fenolik bileşen miktarındaki azalmada etkili olduğu belirtilmiştir.

Fındık zarının, fındığın antioksidan aktivitesi üzerindeki öneminin açıklanmasına da katkı sağlayan, kavurma işleminin fındığın toplam antioksidan aktivite miktarına etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise; kavrulmamış ve zarlı, kavrulmamış ve zarsız, kavrulmuş ve zarsız yapıda olmak üzere üç farklı formda altı fındık türü değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, kavrulmamış ve zarlı formda bulunan fındık en yüksek antioksidan aktiviteye sahipken, bir takım fenolik bileşiğin zarların uzaklaşmasıyla azalmasının toplam fenolik ve toplam antioksidan miktarını azalttığı ifade edilmiştir. Ayrıca, kavrulmamış ve kavrulmuş zarsız fındıkların antioksidan aktiviteleri arasında önemli bir fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Schmitzer vd. 2011).

Kavrulmuş fındık zarının da antioksidan aktivitesinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ise kavurma işlemiyle ayrılan kavrulmuş fındık zarı, kavrulmuş ve zarsız formda bulunan fındık ile kavrulmamış ve zarlı formda bulunan fındığın antioksidan aktivitesi, farklı analiz yöntemleri ile belirlenmiştir. ABTS Yöntemi ile bulunan sonuçlar değerlendirildiğinde (diğer yöntemler de benzer şekilde); kavrulmuş fındık zarının (27 µg TE/100 g), kavrulmuş ve zarsız formda bulunan fındık (0.08 µg TE/100 g) ile kavrulmamış ve zarlı formda bulunan fındıktan (0.61 µg TE/100 g), istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur. Toplam fenolik bileşen miktarının da istatistiksel olarak aynı şekilde farklılık gösterdiği ifade edilmiştir (Pelvan vd. 2018).

Literatürde çalışmamızın ana materyali olan fındık zarının, antioksidan aktivitesi üzerinde kavurma işleminin etkisine dair (kavrulmuş ve kavrulmamış fındık zarı kıyaslamasını içeren) bir çalışmaya rastlanılamamasına rağmen, Pelvan vd. (2018)'de

olduğu gibi, kavrulmuş fındık zarının yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildiren birçok çalışma bulunmaktadır (Shahidi vd. 2007; Alasalvar vd. 2009; Monagas vd. 2009; Locatelli vd. 2010; Del Rio vd. 2011).

Kavrulmuş ve kavrulmamış fındık zarının fenolik bileşenlerce zengin bir kaynak olduğu rapor edilmiştir (Shahidi vd. 2007; Contini vd. 2008; Alasalvar vd. 2009; Göncüoğlu Taş ve Gökmen 2015). Yapılan çalışmalardan Shahidi vd. (2007) fındık zarının gallik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit ve sinapik asitten oluştuğunu bildirirken, Özyurt ve Ötleş (2018) fındık zarında kafeik asit, şiringik asit ve ferulik asit tespit etmişlerdir. Göncüoğlu-Taş ve Gökmen (2017) ise fındık zarının kateşin, epikateşin, epikateşin gallat, gallokateşin, gallokateşin gallat, rutin, prosiyanidin B1, gallik asit, protokateşik asitten oluştuğunu bildirmişlerdir (Özdemir vd. 2014; Bertolino vd. 2015). Görüldüğü üzere yapılan çalışmalar sonucunda fındık zarının fenolik profilinin farklılık gösterdiği, bu farklılığın ise fındığın çeşidi ve analizde kullanılan ekstraksiyon şartlarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

Fındık zarının doğal bir antioksidan olarak kullanılabilme potansiyelinin anlaşılabilmesi için, antioksidanca zengin olduğu bilinen gıdalarla (materyallerle) karşılaştırılmasının daha açıklayıcı olacağı düşünülmektedir. Ancak bu karşılaştırmayı yapabilmek analize hazırlık aşaması olan ekstraksiyon işlemindeki farklılıklardan dolayı güç olabilmektedir. Materyallerin antioksidan aktivite değerlerinin doğru bir şekilde kıyaslanabilmesi için ekstraksiyon işlemi olmadan, doğrudan materyallerin antioksidan aktivitesinin analizini sağlayan QUENCHER Yöntemi (QU:Quick, E:Easy, N:New, CHE:Cheap, R:Reproducible) kullanılarak elde edilen sonuçlardan mümkün oldukça faydalanmak bu noktada katkı sağlayacaktır (Serpen vd. 2007; Serpen vd. 2008; Gökmen vd. 2009). Çizelge 2.1’de iyi antioksidan kaynağı olarak görülen farklı bitkisel materyallerin QUENCHER yöntemiyle yapılan antioksidan kapasite analiz sonuçları verilmiştir. Çizelge incelendiğinde fındık zarının diğer pek çok ürüne göre önemli derecede yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca yine iyi bir antioksidan kaynağı olduğu bilimsel çalışmalarla açıklanmış olan *Salvia* (adaçayı)’nın farklı türlerinin QUENCHER yöntemiyle belirlenen antioksidan kapasite sonuçlarının 330.6-879.0 µmol TE/g arasında olduğu bildirilmiştir (Sulniute vd. 2016).

Çizelge 2.1. Farklı bitkisel materyallerin QUENCHER yöntemiyle elde edilen antioksidan kapasite değerleri (Doğan-Cömert ve Gökmen 2017)

Örnek Adı	Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Analiz Yöntemi	Kaynak
Kavrulmamış Fındık Zarı (Tombul)	1027.00	Q-ABTS	Göncüoğlu-Taş ve Gökmen 2015
Orta Kavrulmuş Fındık Zarı (180°C/10 dk) (Nocciola Piemonte PGI)	1100.00	Q-ABTS	Locatelli vd. 2010
Çok Kavrulmuş Fındık Zarı (180°C/20 dk) (Nocciola Piemonte PGI)	940.00	Q-ABTS	Locatelli vd. 2010
Karabuğday	118.00	Q-ABTS	Serpen vd. 2008
Ceviz	224.00	Q-ABTS	Açar vd. 2009
Badem	27.80	Q-ABTS	Açar vd. 2009

Devamı arkada

Çizelge 3.1'in devamı

Örnek Adı	Antioksidan Kapasite ($\mu\text{mol TE/g}$)	Analiz Yöntemi	Kaynak
Fındık	41.40	Q-ABTS	Açar vd. 2009
Fıstık	14.30	Q-ABTS	Açar vd. 2009
Çiya Tohumu	256.00	Q-ABTS	Sargi vd. 2013
Kahve Zarı	82.24	Q-ABTS	Serpen vd. 2007
Bira Üretim Atıkları	160.00	Q-ABTS	Kitryt'e vd. 2015
Mantar	77.60	Q-ABTS	Lu vd. 2016
Durum Buğday Unu	38.00	Q-ABTS	Serpen vd. 2008
Buğday Unu	40.15	Q-ABTS	Di Benedetto vd. 2015
Çavdar	30.00	Q-ABTS	Serpen vd. 2008

Fındık zarının, yüksek fenolik ve antioksidan bileşimi dolayısıyla farklı gıda ürünlerinde kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. Bertolino vd. (2015)'in yapmış olduğu çalışmada farklı fındık türlerine ait zarların yoğurdun fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiş olup fındık zarı ilavesiyle elde edilen ürünün diyet lifi içeriğinin arttığı, üründe sineresisin azaldığı ve biyoaktif özelliklerinin zenginleştiği görülmüştür. Aydın (2019)'ın yaptığı fındık zarı ilave edilen sosilerin kalite özelliklerinin değerlendirildiği çalışmada ise, fındık zarının ürünün emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesini arttırmasının yanı sıra fındık zarı ilaveli sosilerin kontrol örneğine göre oksidasyona karşı daha kararlı olduğu gözlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise, ekmek yapımında fındık zarı ilavesinin ürünün duyuşal özelliklerine katkıda bulunduğu ve ürünün biyoaktif özelliğini arttırdığı görülmüştür (Velioğlu vd. 2017).

Fındık zarının antioksidan potansiyelinin kullanıma dönüştürülebilmesindeki birincil önemli işlem doğru ve verimli bir şekilde ekstraksiyonunun sağlanabilmesidir. Bitkisel kaynaklardan fenolik bileşikler gibi maddelerin elde edilmesinde kullanılan geleneksel ekstraksiyon tekniklerinin süresinin uzun olması, düşük seçiciliğe ve düşük verime sahip olmaları, toksik çözen kullanımı, ilave uygulanacak çözen uzaklaştırma prosesi gibi olumsuz özelliklerinden dolayı yeni ekstraksiyon yöntemlerine eğilim giderek artmıştır. Çevreye dost, daha az kimyasal tüketimi gerektiren, uygulanması ve ekstraksiyon süresi kısa olan, verimi yüksek süperkritik akışkan ekstraksiyonu, ultrason destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon ve hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu gibi yeni yöntemler geliştirilerek fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Ghafoor vd. 2010; Roy vd. 2012; Brglez-Mojzer vd. 2016; Bubalo vd. 2016). Ultrases, katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, insan kulağının işitme sınırı (20 kHz) üzerindeki yüksek frekanslı ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle, saniyede 20.000 veya daha fazla ses dalgası tarafından enerji üretilmesi işlemidir (Condón vd. 2005; Şengül vd. 2009). Gıda endüstrisinde ultrases uygulamaları düşük enerjili-yüksek frekanslı ve yüksek enerjili-düşük frekanslı olarak iki grupta incelenmektedir. Düşük enerjili (düşük güç veya düşük yoğunluklu) ultrases

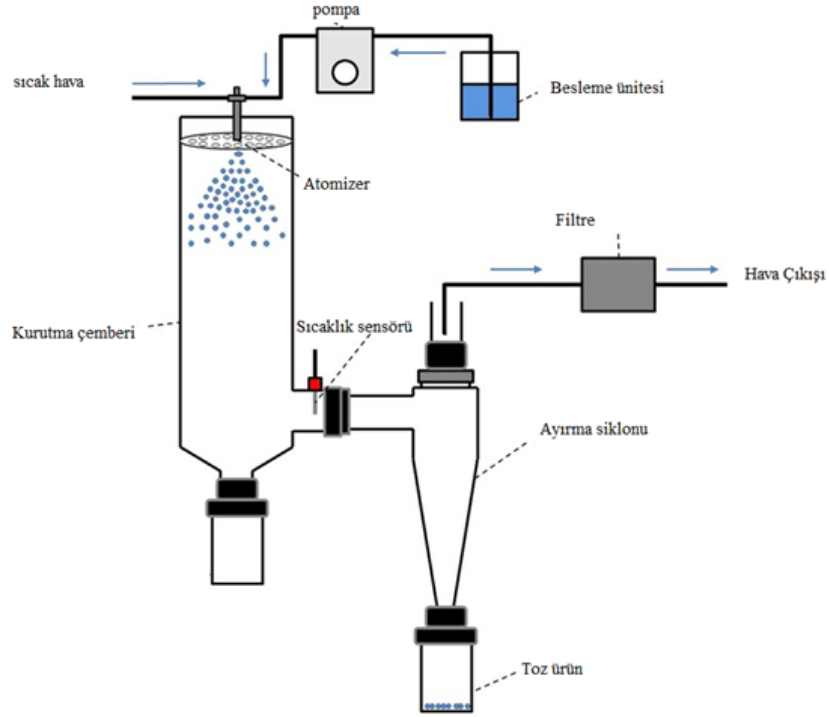
5-10 MHz arası yüksek frekanslarda ve 1 W/cm^2 altındaki düşük yoğunluklarda uygulanmakta olup ayrıca uygulandığı maddede fiziksel ve kimyasal bir değişime neden olmamaktadır (McClements 1997; Knorr vd. 2004). Yüksek enerjili (yüksek güç, yüksek yoğunluk) ultrases ise 1 W/cm^2 değerinden yüksek yoğunlukta ve 18-100 kHz arası düşük frekanslarda uygulanmaktadır. Yüksek enerjili ultrases gıda endüstrisinde ekstraksiyon, homojenizasyon, emülsiyon oluşturma, donmuş gıdaları çözme işlemlerinde, sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında, enzim ve mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesinde diğer bir ifade ile fiziksel olarak bir maddenin özelliklerini değiştirmek amacıyla kullanılmaktadır (McClements 1997, Piyasena vd. 2003; Kurt 2013). Gıda ürünlerinde ultrases işleminin meydana getirdiği etkinin temel mekanizması kavitasyondur. Ses dalgası sıvı ortamla karşılaştığında boyuna dalgalar oluşmakta ve ardışık olarak kasılıp gevşeme olayları gerçekleşmektedir (Şekil 2.5). Sıvı içindeki küçük kabarcıklar ultrases dalgalarının gevşeme-sıkışma hareketleri ile büyümeye başlarken aynı zamanda genişleme sırasında sıvının gerginliğinin etkisiyle yeni kabarcıklar da oluşturmaktadır. Sıkıştırma ile absorbe ettikleri gazlar sayesinde kabarcıkların yüzey alanları genişlemekte ve ses dalgalarının etkisiyle kritik bir değere ulaştığında kabarcıklar patlamaktadır ki bu olaya kavitasyon denmektedir (Condón vd. 2005; Başlar 2011; Kurt 2013). Ultrases uygulaması, hücre duvarlarını mekanik olarak parçalayarak madde aktarımını sağlamaktadır. Hücre duvarının ortadan kalkmasıyla bu yöntemle yapılan ekstraksiyon işlemi diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre çok daha hızlı gerçekleşmektedir (Odabaş 2013; Özdoğan 2015). Ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla sıcaklık, solvent türü, numune partikül boyutu, numune miktarı, katı/solvent oranı gibi faktörleri optimize etmek gerekmektedir (Azmir vd. 2013). Ultrases destekli ekstraksiyon sıvı ve katı numunelerin her ikisi, organik ya da inorganik bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılmaya uygundur. Birçok çalışmada ultrases banyosunun kullanılmasının sebebi ses dalgalarının sıvı ortama daha homojen yayılabilmesi ve sistemin özel bir adaptasyon gerektirmemesidir (Yılmaz 2011; Karahan 2017; Özgüner-Kabak 2019).

Antioksidan bileşenlerce zengin bitkisel materyallerin, mayonez üretiminde antioksidan olarak kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde ise; Rasmy vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada etanol kullanılarak elde edilen adaçayı ekstraktı dondurarak kurutulmuş ve üretilen toz ekstraktlar mayonezlere; 100 ppm, 200 ppm ve 400 ppm oranında eklenmiştir. Ayrıca, sentetik bir antioksidan olan BHA'nın 200 ppm oranında kullanıldığı pozitif kontrol ve herhangi bir antioksidan içermeyen kontrol mayonez örnekleri de hazırlanmıştır. Örnekler, 4 ay boyunca oda sıcaklığında depolanmış ve her ay oksidatif stabilitelerini değerlendirmeye yönelik analizler yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde 400 ppm oranında toz adaçayı ekstraktı eklenen mayonezin oksidatif stabilitesinin diğer mayonez örneklerinin oksidatif stabilitesine göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla BHA yerine, 400 ppm oranında toz formda bulunan adaçayı ekstraktının doğal bir antioksidan olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise farklı oranlarda zencefil tozları (%0.5, %0.75, %1, %1.25) mayonez örneklerine eklenmiştir. Mayonez örnekleri $20 \pm 5^\circ \text{C}$ sıcaklıkta 20 hafta boyunca depolanarak örnekler oksidatif stabilite, reoloji ve duyu özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, %1 ve %1.25 oranında eklenen zencefil tozlarının peroksit ve p-anisidin değerlerini kontrol örneğine göre önemli ölçüde azaltarak mayonezde oksidatif stabiliteyi arttırdığı ifade edilmiştir. Test edilen konsantrasyonlarda zencefil tozlarının, mayonezin reolojik

özelliklerini etkilemediği ifade edilirken, zencefil tozu eklenmesinin duyuşal özellikleri önemli ölçüde etkilediği, %1 ve %1.25 oranında zencefil tozu eklenen mayonezlerin panelistler tarafından daha çok beğenildiği belirtilmiştir (Kishk ve Elsheshetawy 2013). Alizadeh vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada; tokoferol, biberiye uçucu yağı ve *Ferulago angulata* bitkisi etanolik ekstraktının depolama sırasında mayonezin oksidatif stabilitesine etkisinin belirlenmesi amacıyla örnekler 25°C'de 6 ay boyunca depolanmış ve sonuçlar TBHQ ve kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Birincil oksidasyon aşamasında, tokoferolün TBHQ'dan daha etkili olduğu bulunurken, ikincil oksidasyon aşamasında diğer antioksidanlarla aynı etkinlikte olduğu ifade edilmiştir. Depolama sonunda, biberiye uçucu yağı ve *Ferulago angulata* ekstraktı eklenmiş numunelerin peroksit değerleri, p-anisidin değerleri, hekzanal ve heptanal konsantrasyonları kontrol örneğinden istatistiki açıdan önemli derecede daha az bulunmuştur. Ayrıca tokoferol ve biberiye uçucu yağı eklenmiş örnekler, TBHQ eklenmiş örneklere göre panelistler tarafından duyuşal değerlendirmede daha yüksek puanlar almıştır. Ancak, *Ferulago angulata* bitkisi ekstraktı, ekşi tadı ve yeşil rengi nedeniyle diğer antioksidan eklenmiş örneklerle karşılaştırıldığında duyuşal değerlendirme sonucunda en az tercih edilen örnek olmuştur. Sonuç olarak, tokoferol ve biberiye esansiyel yağının, TBHQ yerine kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Doğal bitki ekstraktlarının gerek depolama gerekse de gıdalara işlenmeleri sırasındaki stabilitelerinin düşük olması ve kendine özgü renk ile lezzet bileşenleri nedeniyle kullanıldıkları gıdaların duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmelerinden dolayı gıda endüstrisinde kullanımları halen istenilen düzeye ulaşamamıştır. Bu bakımdan katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli olan doğal ekstraktlar için söz konusu olumsuzlukların engellenmesine yönelik stratejiler oldukça önemli görülmektedir. Bu noktada, özellikle son 10 yılda hızla gelişen ve birçok ürün üretiminde kullanılan enkapsülasyon işleminin umutvar tekniklerden biri olduğu görülmektedir. Enkapsülasyon; bir aktif maddenin veya karışımın başka bir madde ile kaplanması veya tutulması olarak tanımlanmaktadır (Madene vd. 2006; Gharsallaoui vd. 2007). Enkapsülasyon yöntemleriyle ayrıca biyoaktif maddenin kontrollü salınımı sağlanabilirken, istenmeyen tat ve koku da maskelenebilmektedir (Fang ve Bhandari 2010). Gıda ürünleri için en yaygın kullanılan enkapsülasyon tekniği püskürterek kurutmadır (Reineccius 2004).

Püskürterek kurutma işlemiyle mikroenkapsülasyon yöntemi nispeten daha ucuz, daha hızlı olduğu ve yüksek işlem etkinliği sağladığı için birçok biyoaktif maddenin mikroenkapsülasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Dias vd. 2017; Priol vd. 2019). Yöntem, kurutulacak ürünün atomize edilerek geniş bir yüzey kazandırılması ve böylece sıcak hava içinde hızlı bir kurumanın sağlanması prensibine dayanmaktadır. Püskürterek kurutucu, ürünün ince damlacıklar haline getirilmesini sağlayan atomizer, sıcak hava üretim düzeni, atomize edilen ürünün sıcak hava ile karşılaştırıldığı kurutma hücresi ve kurumuş tozun toplanıp kurutucudan alındığı kısımlardan (Şekil 3.2) oluşmaktadır (Cemeroğlu 2016). Püskürterek kurutma uygulaması; aktif materyal ve taşıyıcı materyalden (kaplama materyali) oluşan karışımın (dispersiyon veya emülsiyon) atomizasyonu, atomizasyon sonucu oluşan damlacıkların sıcak hava ile teması, damlacıklardan nemin uzaklaşması ve oluşan toz üründen havanın ayrılması aşamalarını içermektedir.



Şekil 2.2. Püskürterek kurutma sisteminin bölümleri (Peng vd. 2017)

Kullanılan taşıyıcı madde ile püskürterek kurutma giriş sıcaklığı, kurutulacak sıvının kurutucuya beslenme hızı ve atomizasyon basıncı gibi kurutma parametreleri son ürünün kalite özellikleri üzerinde etkili faktörler olsa da bu yöntemle elde edilen kapsülün kontrollü salınımı kullanılan taşıyıcı madde ile sağlanabilmektedir. Püskürterek kurutmada kullanılan ideal bir taşıyıcı maddenin taşınması gereken bazı özellikler aşağıda verilmiştir;

- Yüksek konsantrasyonlarda iyi reolojik özelliklere sahip ve kolay çalışılabilir olmalıdır.
- Çekirdek materyali emülsifiye etmeli ve elde edilen emülsiyonu stabilize etmelidir.
- İşleme ve depolama süresince kapsüllenen materyal ile etkileşime girmemelidir. İşleme ve depolama süresince, yapısıyla çekirdek materyali kaplama ve tutma yeteneğine sahip olmalıdır.
- İşlem sırasında kullanılan çözücü kabul edilebilir derecede çözünmelidir. Çekirdek materyali çevresel şartlara karşı maksimum seviyede korumalıdır.
- Kurutma sırasında kullanılan çözücünün tamamını bırakmalıdır.
- Ucuz ve gıdalarda kullanımına uygun olmalıdır (Desai ve Park 2005; Tontul 2011).

Genellikle kullanılan taşıyıcı maddeler; proteinler (sodyum kazeinat, peyniraltı

suyu proteini, jelatin), gamlar (gam arabik, sodyum aljinat, karragenan, guar gam), selülozlar (metilselüloz, etilselüloz vb.), karbonhidratlardır (maltodekstrinler, modifiye nişasta, siklodekstrinler) (Fuchs vd. 2006; Tontul 2011; Çevik 2017; Atak 2018). Karbonhidrat olarak nişasta, mısır şurubu tozu ve maltodekstrin yaygın olarak kullanılan kaplama materyalleridir. Yüksek kurumadde miktarına ve düşük viskoziteye sahip olmaları sebebiyle karbonhidrat bazlı kaplama materyalleri iyi birer kaplama materyali olarak bildirilmektedir. Ancak mikroenkapsülasyon etkinliğinin yüksek olabilmesi için genelde protein veya gam kaynaklı olan başka kaplama materyalleri ile kombine edilerek kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyon uygulamalarında en çok kullanılan kaplama materyali olarak bildirilen maltodekstrinler düşük maliyeti ve yüksek kurutma verimi sebebiyle tercih edilmektedir. Ayrıca su tutma ve jel oluşturma özelliklerinin yanı sıra hacim, doku ve yoğunluk artırıcı, topaklanmayı önleyici özellikleri maltodekstrinin diğer bilinen avantajları olarak bildirilmektedir (Yalçın 2017). Gamlar ise yüksek emülsiyon oluşturma özelliğinin yanı sıra yüksek çözünürlük ve düşük viskozite özellikleri sebebiyle gıdaların mikroenkapsülasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan bir diğer grup taşıyıcı maddeler proteinlerdir. Özellikle jelatin, peynir altı suyu proteinleri ve kazeinler; farklı kimyasal grupları, amfifilik özellikleri ve büyük molekül ağırlıkları gibi özelliklerinin yanı sıra çözünürlük, viskozite, emülsifikasyon ve film oluşturma gibi teknolojik özellikleri sebebiyle gıda endüstrisinde kaplama materyali olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Madene vd. 2006; Özgüner-Kabak 2019). Ayrıca proteinlerin lipit oksidasyonunu önleyebildiği ve antioksidan olarak kullanılabildiği de ifade edilmektedir (Villiere vd. 2005; Elias vd. 2008; Kiokias vd. 2017; Gümüş vd. 2017). Emülsiyonlarda adsorbe edilmeyen proteinler, metal iyonlarını bağlayarak metal iyonlarının lipit yüzeyine ulaşmalarını önleyebilmekte, adsorbe edilmiş proteinler ise katyonik metal iyonlarını elektrostatik olarak itebilmekte veya metal iyonlarının peroksitler ile etkileşime girme kabiliyetini sterik olarak engelleyen bir bariyer (katman) oluşturabilmektedir. Bu mekanizmalar emülsiyonda bulunan proteinlerin türüne, konsantrasyonuna ve konumuna bağlı olarak farklı şekilde gerçekleşmektedir (Elias vd. 2008; Genot vd. 2013; Berton-Carabin vd. 2014; Gümüş vd. 2017). Proteinlerin antioksidan özellik gösterebilmesi nedeniyle emülsiyonlardan elde edilen mikrokapsüllerin oksidatif stabilitesinin gelişmesi sağlanabilmektedir (Sharif vd. 2018). Ayrıca mikrokapsüllerin bir Y/S emülsiyonu olan mayonezin içinde olduğu düşünüldüğünde, mikrokapsüllerin dış yüzeyinde yer alması beklenen proteinin, yüzey aktif bileşen olması dolayısıyla mayonezin yağ-su arayüzünde yoğunlaşması beklenmektedir (Dickinson 1999). Ayrıca, gam arabik de antioksidan içeren mikrokapsülü daha az polar hâle getireceği için aynı şekilde ara yüzeyde yerleşebilme olasılığı artabilecektir. Bu sayede, Y/S emülsiyonları için oksidasyonun başladığı ve gerçekleştiği yer olabileceği ifade edilen ara yüzeyde polar antioksidanların yerleşebilmeleri de daha muhtemel hale gelecek ve emülsiyonun oksidatif stabilitesi üzerinde birçok faktörün etkili olduğu bilinmekle birlikte antioksidanın konumunun oksidatif stabiliteye olan etkisi de değerlendirilebilecektir (McClement ve Decker 2000; Yuji vd. 2007). Enkapsülasyonda protein kullanımının bu avantajlarının yanı sıra özellikle son yıllarda bitkisel protein kullanımı; bol miktarda bulunabilmeleri, nispeten ucuz olmaları ve biyolojik olarak parçalanabilir olmaları dolayısıyla önem kazanmıştır (Sharif vd. 2018; Quintero vd. 2018).

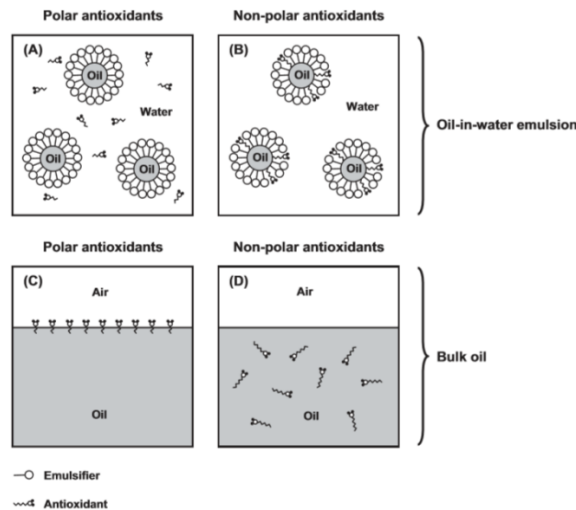
Literatürde yer alan enkapsüle bitki ekstraktlarının gıdalara katkılандığı

çalışmalar incelendiğinde; Flamminii vd. (2020) zeytin yaprağı fenolik ekstraktını aljinat/pektin kullanılarak jelleştirme yöntemiyle enkapsüle etmişler ve elde edilen kapsülleri mayonezde kullanmışlardır. Çalışmada bir takım olumlu fiziksel özellikler gözlenmiş olsa da mikrokapsüllerin bitkinin acı tadını maskeleyemediği ve farklı enkapsülasyon yöntemlerinin mayonez formülasyonları açısından araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada İran'da yetişen bir fıstık türünün yeşil kabuğu ekstrakte edilmiş ve mayonez örneğinde nanolipozom formda kullanılmıştır. Nanolipozomlar, 500 ppm ve 1000 ppm oranında bulunan ekstraktların ikisine de %1 ve %2 oranında lesitin eklenerek hazırlanmıştır. Ayrıca 500 ppm ve 1000 ppm oranında kapsüllenmeyen ekstrakt içeren, 200 ppm BHT ve TBHQ eklenen pozitif kontrol örnekleri ve kontrol örnek olarak antioksidan ilave edilmeyen mayonez örnekleri de hazırlanmıştır. Örnekler 25°C'de 4 ay depolanmıştır. Depolamanın sonunda, kapsüllenerek ve kapsüllenmeden 1000 ppm oranında kullanılan ekstraktın 200 ppm BHT'den daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve oksidasyonu geciktirdiği görülmüş ancak kapsüllenmeyen ekstrakt, örneğin duyusal özelliklerini etkilemiştir. Oksidasyonun en yavaş gerçekleştiği örnek ise, nanolipozom formda 1000 ppm ekstrakt ve %2 lesitin içeren antioksidanın bulunduğu mayonez örneği olmuştur. Eklenen lesitin, antioksidanın yağ-su arayüzeyine yerleşmesine neden olup oksidasyonun engellenmesini kolaylaştırmış olabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak, fıstık kabuğu ekstraktının doğal bir antioksidan olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Rafiee vd., 2018). Bu doğrultuda yapılan başka bir çalışmada; fesleğen uçucu yağları püskürterek kurutma tekniği kullanılarak enkapsüle edilmiş, elde edilen kapsüllerin karakterizasyonu yapıldıktan sonra en uygun olan mikrokapsüller mayoneze dahil edilmiştir. Mayonez örnekleri, 25°C'de 6 hafta boyunca depolanmıştır. Sonuç olarak enkapsüle edilen uçucu yağların, eklendiği örneklerde duyusal kaliteyi olumlu etkilediği ve panelistler tarafından bu örneklerin daha çok tercih edildiği görülmüş olup %0.9 oranında kullanılan fesleğen uçucu yağı mikrokapsüllerinin oksidatif stabiliteyi geliştirdiği ifade edilmiştir (Özdemir 2019). Fenoglio vd. (2021), *Ilex paraguariensis* bitkisinden elde edilen ekstraktı maltodekstrin kullanarak enkapsüle etmişler ve elde edilen mikrokapsülleri mayoneze katkılanmışlardır. Araştırmacılar ransimat ile yapılan hızlandırılmış oksidasyon testi sonucuna göre enkapsüle ekstraktların dondurarak kurutulmuş tozlara göre oksidasyonu geciktirdiğini rapor etmişlerdir.

Yağ/Su emülsiyonlarında polifenollerin antioksidan aktivitesinin her zaman konsantrasyon artışıyla artmayabileceği ve hatta bazı koşullarda prooksidan olarak davranabileceği ifade edilmektedir (Frankel vd. 1997; Huang ve Frankel 1997; Mei vd. 1999; Maqsood ve Benjakul 2010; Zhou ve Elias 2013). Tian vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada çay polifenolleri; emülgatör olarak peynir altı suyu proteininin kullanıldığı, pH değerinin 7 olduğu ceviz yağı su emülsiyonunda %0.01, %0.02, %0.04 oranlarında kullanılmıştır. 50°C sıcaklıkta 96 saat süren depolamanın sonunda %0.01 oranında kullanılan çay polifenollerinin yüksek konsantrasyonlara göre, lipit oksidasyonunun engellenmesinde daha etkili olduğu görülmüştür ve eklenen polifenol miktarının en yüksek antioksidan etkiyi oluşturmak için optimize edilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Antioksidanların emülsiyondaki davranışının pH, emülsifiye edici ajanın özellikleri, su fazı, lipit fazı ve arayüzeyin fiziksel ve kimyasal özellikleri, iz metal iyonlarının bulunması ve antioksidan konsantrasyonu gibi çeşitli faktörlerden

etkilendiği belirtilmektedir (Coupland ve McClement 1996; Decker 1998; McClement ve Decker 2000; Hider vd. 2001; Zhou ve Elias 2013). Flavonoidlerin lesitin ile emülsifiye edilmiş su içinde soya fasulyesi yağı emülsiyonlarının oksidatif kararlılıkları üzerindeki etkilerinin, 29 günlük depolama süresince 25°C'de araştırıldığı çalışmada; 100 ppm oranında hesperidin, rutin ve kuersetinin Y/S emülsiyonlarının oksidatif stabilitesini olumlu etkilediği görülmüştür. Emülsiyonlara 50 µM demir iyonu eklendiğinde ise, kontrol örneğine kıyasla hesperidin ve rutin birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerini önemli oranda inhibe etmediği hatta hesperidin prooksidatif etki gösterdiği ancak kuersetinin kontrol ve diğer örneklere kıyasla oksidasyona karşı en yüksek antioksidan aktiviteyi gösterdiği ifade edilmiştir (Yang vd. 2015). Bitki ekstraktlarının yapısında antioksidan özellik gösteren farklı bileşenlerin, farklı konsantrasyonlarda bulunabilmesi dolayısıyla net antioksidan veya prooksidan etkinin de farklı olabileceği düşünülmektedir. Ancak mayonezde yeşil çay ekstraktının oksidatif stabiliteye etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, 500 mg/kg yağ oranında kullanılan yeşil çayın hidroperoksitlerin ve bazı uçucu bileşiklerin oluşumunu arttırdığı ve prooksidan özellik gösterdiği ifade edilmiştir. Bu çalışma sonucunda yeşil çay ekstraktının daha düşük veya daha yüksek konsantrasyonlarda eklenerek denenmesinin farklı sonuçlara sebep olabileceği rapor edilmiştir (Ghorbani Gorji 2018). Mayonez gibi suda yağ emülsiyonlarında antioksidan kullanımıyla ilgili çalışmalar incelendiğinde, “polar paradoks” ifadesiyle sıklıkla karşılaşılmıştır. Polar paradoks; Porter (1980) ile ifade edilmeye başlanan, Porter vd. (1989) ile desteklenen bir teori olup polar antioksidanların polar olmayan antioksidanlara göre yağlarda daha aktif olduğunu, polar olmayan antioksidanların ise suda yağ emülsiyonunda polar antioksidanlardan daha etkili olduğunu ifade etmektedir (Şekil 2.3). Bu durum, Y/S emülsiyonları için oksidasyonun başladığı ve gerçekleştiği yer olabileceği ifade edilen ara yüzeyde polar olmayan antioksidanların yerleşmelerinin daha muhtemel olmasıyla açıklanabilmektedir (McClement ve Decker 2000; Yuji vd. 2007). Ancak son dönemde yapılan çalışmalar, antioksidanların tümünün yağda ve emülsiyonda bu teorinin önerdiği şekilde davranmadığını göstermiştir (Laguerre vd. 2015).



Şekil 2.3. Yağ/Su emülsiyon sistemlerinde polar paradoks teoremi (Frankel vd. 1994; Laguerre vd. 2015)

Mayonezdeki polar paradoks teorisinin geçerliliği hakkında daha fazla bilgi edinmek amacıyla, iki çift homolog antioksidan (askorbik asit/askorbil palmitat ve gallik asit/propil gallat) balık yağı ile zenginleştirilmiş mayonezde kullanılmıştır (Jacobsen vd. 1999; Jacobsen vd. 2001; Jacobsen vd. 2008). Ancak bu çalışmalarda kullanılan tüm bileşikler, prooksidan etki göstermiş ve antioksidan aktivitenin artan lipofilite ile artmadığı görülmüştür. Sonuç olarak, yumurta sarısından kaynaklanan demirin lipit oksidasyonunu katalize ettiği ve birçok farklı molekülün antioksidan aktiviteyi etkileyebildiği mayonez gibi çok daha karmaşık sistemlerde polar paradoks teorisinin antioksidan etkinliğini tahmin edilemediği sonucuna varılmıştır (Ghorbani Gorji 2018). Tüm bu çalışma sonucunda hipotez ile ilgili daha derinlemesine çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir. Polar paradoks teorisini takiben, hidrofobikliğin antioksidan aktivite üzerindeki doğrusal olmayan etkisini gösteren "cut off" teorisinden bahsedilmektedir (Laguerre vd. 2015). Bu teoriyle ilgili olarak, Alemán vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kafeik asit ve esterlerinin (kafeat C1-C18) balık yağı ile zenginleştirilen mayonezde antioksidan etkileri araştırılmış ve mayonezde hem kafeik asitin hem de kafeatın antioksidan etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, en etkili antioksidanların kısa ve orta alkil zincirli kafeatlar (butil, oktil ve dodesil) olduğu belirtilmekle birlikte alkil zincirindeki artışın esterlenmiş fenolik bileşiklerin antioksidan kapasitesinde çökmeye neden olduğu ifade edilmiş ve bu durum "cut off" teorisi ile açıklanmıştır. Son olarak, polar paradoks teorisinin yerini alacak daha farklı hipotez ve teorilerin, yapılacak çalışmalarla geliştirilebilir olduğu ifade edilmekte ve gerçekleştirilmesi planlanan çalışmanın da hidrofilik antioksidanların mayonezin oksidatif stabilitesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Yapılan bu literatür taraması göstermektedir ki mayonez ya da benzeri emülsifiye ürünlerde öncelikle doğal antioksidanların hidrofilik, lipofilik ya da amfifilik karakterde olmaları durumunda oksidasyonu önlemedeki etkilerinin araştırılması gerekmektedir. Ayrıca enkapsüle edilmiş olan antioksidan bileşenlerin kullanıldıkları ürünlerde depolama süresince difüzyona bağlı kontrollü salınımlarının da oksidasyonu ne şekilde etkileyeceği araştırma konuları arasında olması gerektiği görülmüştür. Literatürde fındık zarı ekstraktının enkapsülasyonunu ve mayonezde kullanımını konu alan bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tez kapsamında kullanılan fındık (*Corylus avellena* L.) zarı örnekleri, Ordu'da bir fındık işleme fabrikasından temin edilmiş olup Palaz, Yağlı, Kara, Çakıldak türü fındıkların farklı sıcaklık ve sürelerde kavrulmasıyla yan ürün olarak açığa çıkan fındık zarlarının karışımından oluşmaktadır. Mayonez üretiminde kullanılan pastörize yumurta sarısı Anako Yumurta'dan; maltodekstrin (DE 10) ve arap zıkkı Alfazol'dan; bezelye proteini Vegrano'dan; ayçiçek yağı, tuz, şeker, hardal sosu, sirke ve limon suyu yerel bir marketten; tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan kimyasallar ise analitik saflıkta olup Sigma-Aldrich (Darmstadt, Almanya) ve Merck (Darmstadt, Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Ekstraksiyon

Fındık zarlarından yüksek antioksidan kapasiteye sahip ekstrakt elde edebilmek amacıyla gerçekleştirilen ekstraksiyon işlemi öncesinde homojen partikül boyut aralığının sağlanması amacıyla fındık zarı örnekleri kahve öğütücüsünde öğütülerek 500 µm-1mm boyutundaki elekler arasındaki örnekler kullanılmıştır. Ekstraksiyonlar, geleneksel ve ultrases destekli olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Geleneksel ekstraksiyon

Bitki metabolitlerinin ekstraksiyonunda sıcaklık, süre ve besleme (katı:sıvı) oranı değişkenlerinin etkili olduğu bildirilmekte (Torun 2015) olup bu değişkenlerin farklı kombinasyonlarının denenmesiyle en yüksek antioksidan kapasiteye sahip ekstraktın elde edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Bu amaçla, daha az sayıda deneme yapılmasına imkan sağlaması amacıyla tez kapsamında ekstraksiyon optimizasyonu çalışması yapılmıştır ve Design Expert 10 programı kullanılarak Response Surface Optimal (custom) Design deneme deseni kullanılmıştır. Geleneksel ekstraksiyon deneme deseninde bağımsız değişkenler olarak sıcaklık (50-90°C), süre (2-62 dakika) ve besleme (katı:sıvı) oranı (%5-15) seçilmiş, cevap olarak ise toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı kullanılmıştır. Kullanılan parametrelere göre program tarafından oluşturulan 20 farklı deneme (Çizelge 3.1) gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyonlarda çözücü olarak su kullanılmış ve geleneksel ekstraksiyon denemeleri 100 mL'lik cam kavanozlarda (çözücü miktarının her denemede 50 mL'de sabit tutulması ile eklenmesi gereken fındık zarı miktarı belirlenerek) 150 rpm çalkalamalı su banyosunda (Daihan WSB-30, Güney Kore) gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Fındık zarının geleneksel ekstraksiyon deneme deseni

No	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Oran (%)
1	90	48	5
2	70	48	10
3	70	48	10
4	50	48	15
5	70	48	10
6	50	12	10

Devamı arkada

Çizelge 3.1'in devamı

No	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Oran (%)
7	50	48	10
8	50	6	15
9	50	62	5
10	90	2	10
11	90	48	5
12	70	12	5
13	70	48	10
14	90	24	15
15	90	6	5
16	50	24	5
17	70	48	15
18	90	62	15
19	90	24	15
20	70	2	15

3.2.2. Ultrases destekli ekstraksiyon

Ultrasonik ekstraksiyonda ise yine Response Surface Optimal (custom) Design deneme deseni yardımıyla Çizelge 3.2'de verilen deneme desenine göre sıcaklık (25-50°C), süre (1-30 dakika), besleme (katı:sıvı) oranı (%5-15) ve genlik (%20-50) açısından ekstraktlardaki toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite değerleri cevap olarak kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. Ultrasonik ekstraksiyonda da çözügen olarak su kullanılmış olup işlem 13 mm prob ve ultrasonik dönüştürücüye sahip, 20 kHz sabit frekansta çalışan ultrases cihazı (VC750, Sonics and Materials, Inc., Newtown, Conn., A.B.D.) ile gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon çift cidarlı beher (250 mL) içerisinde (çözücü miktarının her denemede 50 mL'de sabit tutulması ile eklenmesi gereken fındık zarı miktarı belirlenerek) yapılmıştır. Ekstraksiyonların, sabit sıcaklıkta gerçekleştirilebilmesi için sirkülasyonlu su banyosu (RW-3025 Lab Companion, Kore) kullanılmıştır. Ekstraksiyon sırasında sıcaklık değişimi termometre ile takip edilerek sıcaklık kontrolü sağlanmaya çalışılmış ve denemeler sırasında en fazla $\pm 5^\circ\text{C}$ sıcaklık dalgalanması olmuştur.

Çizelge 3.2. Fındık zarının ultrases destekli ekstraksiyon deneme deseni

No	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Oran (%)	Genlik (%)
1	1	25	5	20
2	1	25	5	50
3	10	25	5	35
4	15	50	15	35
5	30	50	10	50
6	30	40	15	20
7	1	40	10	35
8	1	40	10	35
9	1	50	15	20
10	30	25	5	35
11	15	50	15	35

Devamı arkada

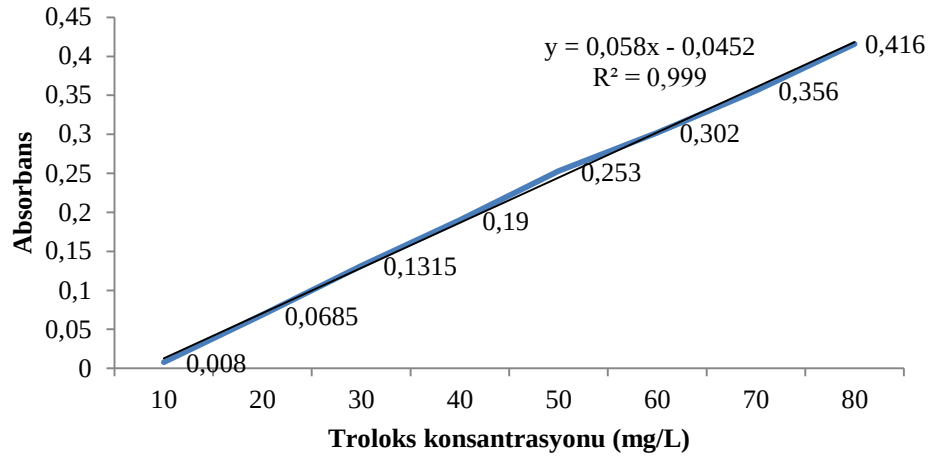
Çizelge 3.2'nin devamı

No	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Oran (%)	Genlik (%)
12	15	25	10	20
13	15	25	15	35
14	1	40	10	35
15	1	50	15	50
16	1	40	10	35
17	1	50	5	20
18	1	50	5	50
19	1	25	15	20
20	15	40	15	50
21	15	25	10	20
22	15	40	5	50
23	30	25	15	50
24	15	40	5	20
25	30	50	5	20

3.2.3. Ekstrakta yapılan analizler

3.2.3.1. DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) ile serbest radikal süpürme kapasitesi tayini

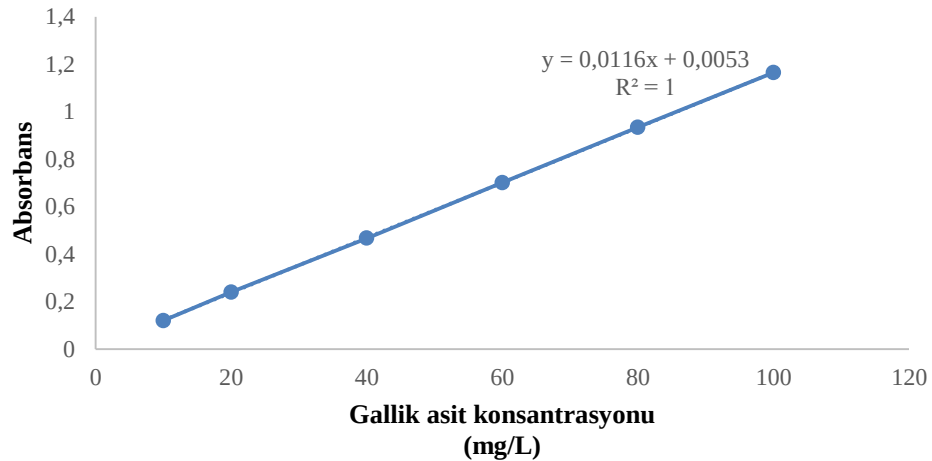
DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı olan yöntemde, ekstraktlardan ependorflara 50 µL alındıktan sonra 950 µL 6×10^{-5} M DPPH çözeltisi (metanol ile hazırlanan) eklenmiştir ve vorteksle (DragonLab, MX-S) karışmaları sağlandıktan sonra oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin absorbansı, spektrofotometrede (Shimadzu UV-vis 160A, Japonya) 516 nm dalga boyunda metanole karşı okunmuştur, yüksek antioksidan kapasiteye sahip ekstraktlar seyreltilerek kullanılmıştır. Aynı işlemler ekstrakt yerine ekstraksiyon için kullanılan çözgen (su) kullanılarak gerçekleştirilmiş olup kontrol örneğinin absorbansına ulaşılmıştır. Örneklerin absorbans değeri $A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}$ olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, elde edilen absorbans değerleri kullanılarak troloks standardı ile elde edilen kalibrasyon eğrisi (Şekil 3.1) yardımıyla µmol TE/g örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir (Fernández-León vd. 2013).



Şekil 3.1. Troloks standartı kalibrasyon eğrisi

3.2.3.2. Folin-Ciocalteu yöntemiyle toplam fenolik madde miktarı tayini

Ekstraktlardan cam tüplere 0.5 mL alındıktan sonra üzerine 2.5 ml Folin-Ciocalteu çözeltisi (saf su ile 10 kat seyreltilmiş) ve 2 mL %7.5'lik Na_2CO_3 çözeltisi eklenmiştir, vorteksle (DragonLab, MX-S) karışmaları sağlandıktan sonra 50°C su banyosunda 5 dakika bekletilmiştir. Ardından oda sıcaklığında 10 dakika soğutulan örneklerin absorbans değeri, ekstraktlar için kullanılan çözügene (su) aynı işlemlerin uygulanmasıyla elde edilen örneğe karşı 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Shimadzu UV-vis 160A, Japonya) okunmuştur. Yüksek fenolik bileşen miktarına sahip ekstraktlar seyreltilerek okunmuştur. Sonuçlar, elde edilen absorbans değerleri kullanılarak gallik asit standardı ile elde edilen kalibrasyon eğrisi (Şekil 3.2) yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir (Skerget vd. 2005).



Şekil 3.2. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.3. Ekstrakt Konsantrasyonu

Tez kapsamında fındık zarı ekstraktlarının mayonezde antioksidan olarak kullanılması amaçlandığı için elde edilen son üründe antioksidan aktivite değerini oransal olarak arttırmak ve püskürterek kurutma sırasında verimi arttırmak için fındık zarı ekstraktları bundan sonraki işlemler öncesinde konsantre edilmiştir. Konsantrasyon işlemi döner buharlaştırıcıda (Laborota 4000, Heidolph) vakum altında 60 °C sıcaklıkta yapılmış ve yaklaşık 1.5 brikse (°Bx) sahip fındık zarı ekstraktları 8 °Bx'e kadar konsantre edilmiştir.

3.4. Dondurarak Kurutma

Tezin amacı dolayısıyla mayoneze eklenecek püskürterek kurutulmuş mikrokapsüllerin yanı sıra, kontrol amacıyla eklenecek fındık zarı ekstraktlarının da konsantre edilip dondurarak kurutulmasının benzer kuru madde içeriğine sahip olması ve toz formda olması dolayısıyla daha karşılaştırılabilir sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Bu amaçla ekstraktlar 6 saat süre ile öncelikli olarak -80°C'deki dondurucuda bekletilmiş daha sonra dondurarak kurutucuda (Operon FDU, Kore) -70 °C'deki serpantin sıcaklığı ve 40 mmHg mutlak basınçta kurutulmuştur. İşlem sonunda, fındık zarı ekstraktı toz formda elde edilebildiği için ayrıca bir öğütme işlemi uygulanmamıştır. Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen tozlarda antioksidan aktivite analizinin yanı sıra su aktivitesi, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, partikül boyutu, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntüleme analizleri yapılmıştır.

3.5. Püskürterek Kurutma Yöntemiyle Enkapsülasyon

Konsantre edilmiş fındık zarı ekstraktlarının püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsülasyonunda taşıyıcı madde olarak maltodekstrin (MD), arap zıncısı (AZ) ve bezelye proteini (BP) kullanılmıştır. Maltodekstrin dışında arap zıncısı ve bezelye proteini kullanılmasıyla, amfifilik özellikte kaplama materyalleri kullanılarak elde edilen antioksidan özellikte mikrokapsüllerin bir Y/S emülsiyonu olan mayonezdeki konumuna etkisi ve antioksidan maddenin emülsiyondaki konumu ile antioksidan aktivitesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Fındık zarı ekstraktı ve kaplama materyallerinin karışım işlemi 19000 d/dk'da 15 dakika süreyle ultraturaks (Ultraturax T25 Basic Staufen, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Püskürterek kurutulmuş elde edilen toz ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini kullanan kaplama materyali konsantrasyonu, püskürterek kurutma giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığı, aspirasyon hızı, besleme hızı gibi birçok proses parametresinin etki ettiği bilirse de bu tez kapsamında bağımsız değişken olarak taşıyıcı madde konsantrasyonu ve hava giriş sıcaklığı seçilerek optimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla iki değişkenin farklı kombinasyonlarla denenmesine imkan sağlaması amacıyla Design Expert 10 Programı'ndan faydalanılmış olup Response Surface Central Composite Design deneme deseni kullanılmıştır. Giriş sıcaklığı sınırları benzer fenolik maddelerce zengin bitkisel materyallerin enkapsülasyonun çalışıldığı çalışmalar göz önünde bulundurularak 140-180°C olarak belirlenmiştir. Kaplama materyali oranlarının alt ve üst sınır değerleri ise materyallerin sudaki çözünürlükleri göz önünde bulundurularak ve yapılan ön denemeler sonucunda ekstraktın kuru maddesinin %20-50'si olarak kullanılmıştır. Bu şekilde oluşturulan 13 farklı deneme deseni Çizelge 3.3'de verilmiş ve tüm kaplama

materyalleri için verilen deneme desenine göre püskürterek kurutma üretimleri gerçekleştirilmiştir. Tüm denemeler için püskürterek kurutma işlemi 450-600 mL/sa ekstrakt besleme hızında ve 25-30 m³/saat aspirasyon hızında laboratuvar tipi püskürterek kurutma cihazında (BUCHI, B290, İsviçre) gerçekleştirilmiştir. Deneme deseninin yanıtı olarak ise antioksidan özellik gösteren bileşenlerin yüzeyde kalmayıp kapsüllenebilmesinin bir ölçüsü olan mikroenkapsülasyon etkinliği (%) kullanılmıştır. Üretilen her bir tozun su aktivitesi ölçüldükten sonra ayrıca optimum şartlarda üretilen enkapsüle tozlarda yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, partikül boyutu, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntüleme analizleri yapılmıştır. Yine her bir kaplama materyali için optimum koşullarda üretilen enkapsüle fındık zarı tozları ayrı ayrı mayoneze eklenerek depolamaya bağlı olarak amaca yönelik gıda matriksi içerisindeki oksidasyonu engellemedeki davranışları gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.3. Püskürterek kurutma deneme deseni (bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıncı için ayrı ayrı denenmiştir)

No	Kaplama Materyali (%)	Sıcaklık (°C)
1	35.00	160
2	56.21	160
3	50.00	140
4	35.00	160
5	35.00	188
6	20.00	180
7	20.00	140
8	35.00	132
9	35.00	160
10	35.00	160
11	13.79	160
12	35.00	160
13	50.00	180

3.6. Mayonez Üretimi ve Fındık Zarı Tozlarının Mayoneze Eklenmesi

Mayonez üretiminde Komaç (2018) tarafından uygulanan formülasyon kullanılmıştır. Bu amaçla %75 yağ, %10 yumurta sarısı, %1 şeker, %1 tuz, %4 sirke, %2 limon suyu, %2 hardal ve %5 su kullanılmıştır. Öncelikle şeker, tuz, hardal, yumurta sarısı mikserle karıştırılmış olup ardından toplam kullanılacak olan ayçiçek yağı miktarının %80'lik kısmı yavaş yavaş karışıma eklenerek karıştırma işlemine devam edilmiştir. Sonrasında formülasyona limon suyu, sirke ve su katılarak karıştırma işlemine devam edilmiş, toplam yaklaşık 1 saat süre sonunda (1 kilo mayonez için) emülsiyon oluşturulmuştur. Üretimler 1'er kilo olarak gerçekleştirilmiş olup tez çalışmaları için toplamda 15 kilo (7 kilo ön depolama çalışmaları+8 kilo ikinci depolama çalışmaları) mayonez miktarına ihtiyaç duyulduğu için yukarıda verilen şekliyle 15 kez mayonez üretimi yapılmış, hepsi bir araya getirilip homojen olması amacıyla karıştırıldıktan sonra çalışmalar için kullanılmıştır.

Tez çalışması kapsamında, mayonezlere üç farklı kaplama materyali ile kapsüllenmiş fındık zarı ekstraktı mikrokapsüllerinin eklenmesi amaçlanmıştır. Bu

amaç doğrultusunda eklenecek miktar hakkında bir değerlendirme yapabilmek amacıyla dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktlarının (taşıyıcı kullanılmamış serbest formda) farklı konsantrasyonlarda mayonezlere eklenmesiyle 1 ay süresince farklı sıcaklıklarda (4, 25 ve 45 °C) bir ön depolama yapılmıştır. Karşılaştırma ise Türk Gıda Kodeksi (TGK)'nde mayonezde kullanılmasına izin verilen tersiyer butil hidrokinon (TBHQ) ve etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) katkılanmış mayonezlere göre yapılmıştır. TGK'da TBHQ'nun mayonezde 200mg/kg yağ oranında kullanılmasına müsaade edilmesi ve kullandığımız mayonez formülasyonunun %75'inin yağ olduğu göz önünde bulundurularak mayonezlere 150 ppm TBHQ katkılanmış, EDTA ise yine TGK'ya göre 75 ppm olarak kullanılmıştır (Anonim 3). Ön deneme amaçlı kullanılacak olan dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktlarının miktarı ise 150 ppm'lik TBHQ'nun antioksidan aktivitesi baz alınarak kararlaştırılmıştır. TBHQ'nun referans olarak alınmasının nedeni EDTA'nın DPPH yöntemiyle serbest radikal süpürücü etkisinin neredeyse hiç olmadığına tespit edilmiş olması ve TBHQ'nun fenolik yapıda bir sentetik antioksidan olmasıdır. Karşılaştırma için 150 ppm'lik TBHQ hazırlanmış ve yapılan analiz sonrasında TBHQ'nun antioksidan aktivitesi 1416 µmol TE/g olarak belirlenmiştir. Yine aynı şartlarda yapılan analiz sonucunda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozunun antioksidan aktivitesi ise 503 µmol TE/g olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar sonrasında TGK'da TBHQ için izin verilen miktar göz önünde bulundurularak 150 ppm TBHQ kullanımına karşılık 450 ppm (antioksidan aktiviteler arasındaki yaklaşık 3 katlık fark göz önünde bulundurulmuş) fındık zarının kullanımına karar verilmiştir. Ayrıca literatürdeki doğal antioksidanların mayonezdeki kullanım miktarları da dikkate alındığında 450 ppm'lik miktarın yetersiz gelebilme ihtimali göz önünde bulundurularak 600 ppm'lik ve prooksidan etkinin değerlendirilebilmesi amacıyla da 300 ppm'lik denemeler yapılmıştır. Sonuç kısmında da tartışıldığı üzere yapılan ön deneme sonrasında kullanılan miktarın artırılması gerektiği düşünülerek dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozunun 1500 ppm kullanılmasına karar verilmiştir. Püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen enkapsüle tozların miktarına ise dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen tozların antioksidan aktivite değerlerine göre karar verilmiş, yapılan analizler sonrasında bu oranın yaklaşık 2 kat olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Nitekim dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilmiş fındık zarı tozları 1500 ppm, bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıkkı ile elde edilen (optimum koşullarda) enkapsüller ise 3000 ppm olarak mayoneze eklenmiştir. Gerek TBHQ ve EDTA, gerekse de enkapsüle ve dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozları mayonezlere üretim sonrasında eklenerek homojen bir şekilde karışımları mikser ile sağlanmıştır. Kontrol olarak ise hiçbir antioksidanın kullanılmadığı mayonez kullanılmıştır.

3.7. Mayonezlerin Depolanması

Üretilen mayonez örnekleri, 40'ar gram olacak şekilde cam kavanozlara konulmuş olup 4, 25 ve 45°C sıcaklıklarda 1 ay süre ile depolanmıştır. Bilindiği üzere mayonez 4 °C'de depolanan bir üründür, ancak oda sıcaklığında da depolandığı görülmektedir. Ayrıca kısa süreli mayonez depolamalarında hızlandırılmış oksidasyon testleri için 45 °C'nin kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenlerle mayonez örnekleri tez kapsamında belirtilen 3 farklı sıcaklıkta depolanmıştır. Depolamanın başlangıcı ile birlikte 10., 20. ve 30. günlerde örneklerde peroksit ve p-anisidin analizleri yapılmıştır. Bilindiği üzere marketlerde bazı firmaların katkısız olarak (herhangi bir katkı maddesi

içermeyen) satılan mayonezleri bulunmaktadır. Bu doğrultuda ticari bir firmanın katkısız olarak satışa sunduğu mayonez de temin edilerek farklı sıcaklıklarda depolama çalışması yapılmış, oksidasyon ürünleri bu örnekte de analiz edilmiştir. Mayoneze endüstriyel olarak antioksidan madde ilave edilmesinin birincil nedeni; mutfak koşullarında kapağı açıldıktan sonra kullanımı sırasında ambalaj içerisine giren oksijenin neden olacağı oksidasyonu engellemektedir. Bu nedenle depolamaya alınan mayonez örneklerinin kapakları tüketici kullanım sıklığı göz önünde bulunarak 3'er gün aralıklarla 1'er dakika süreyle açılarak ardından tekrar kapatılmıştır.

3.8. Mayonez Örneklerinde Yapılan Analizler

3.8.1. Peroksit değeri analizi

Mayonez örneklerinin peroksit ve p-anisidin değerlerini belirlemek amacıyla örneklerden yağ ekstraksiyonu, Min ve Tickner (1982) ve Komaç (2018) yöntemlerinden yararlanılarak 10 g mayonez örneği, 50 mL'lik santrifüj tüplerine tartılıp -80 °C'de 24 saat bekletildikten sonra 4°C'de 2 saat süreyle çözünmeye bırakılmıştır. Ardından örnekler, 14000 rpm'de 25 °C'de 15 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Peroksit değeri tayini Tontul (2011) tarafından modifiye edilen AOCS (American Oil Chemist's Society, 1999) (Cd 8b-90) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş olup mayonez örneklerinden ekstrakte edilen 0.3 g yağ 50 mL'lik erlenlere tartılmıştır. Üzerine asetik asit:izooktan (3:2, v/v) karışımı eklenerek yağın çözünmesi amacıyla erlen çalkalanmıştır. Ardından doymuş potasyum iyodür (KI) çözeltisinden 0.5 mL eklenerek 1 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda, karışıma 10 mL saf su eklenerek 0.5 mL nişasta çözeltisi (%0.5) indikatörlüğünde 0.002N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. Peroksit değeri (PD) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$PD \text{ (miliekivalent } O_2/\text{kg yağ)} = (S-B) \times N \times 1000 / \text{Örnek Ağırlığı} \quad \text{Eşitlik 3.1}$$

S: Örnek için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi hacmi (mL)

B: Kör için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi hacmi (mL)

N.: Sodyum tiyosülfatın normalitesi

3.8.2. p-anisidin analizi

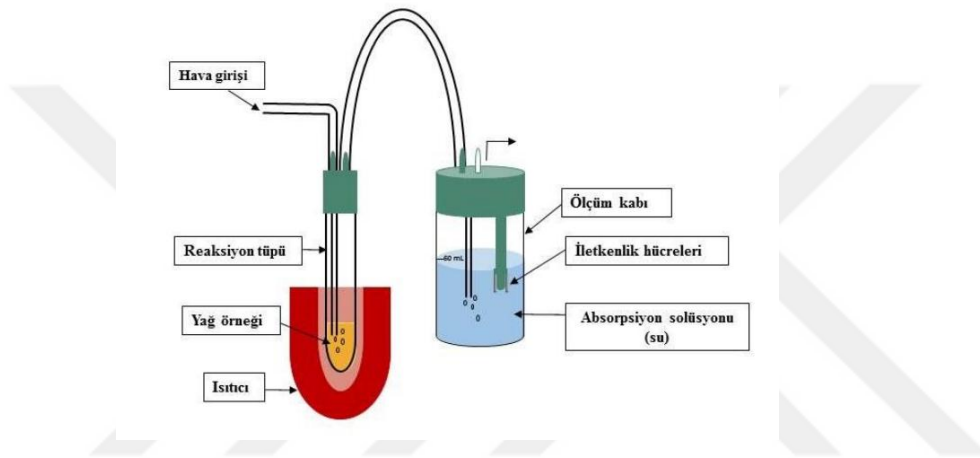
Mayonez örneklerinden 3.8.1.1 bölümünde anlatıldığı şekliyle ekstrakte edilen yağ, balon jojelere 1.5 g tartılıp hekzan ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnek çözeltisinin absorbansı (A1) spektrofotometrede (Shimadzu UV-vis 160A, Japonya) hekzana karşı 350 nm dalga boyunda okunmuştur. Daha sonra bir cam tüpe, hazırlanan çözeltiden 5 mL alınıp üzerine 1 mL p-anisidin (glasiyal asetik asit içerisinde %0.25'lik; w/v) çözeltisi eklenmiştir. Başka bir cam tüpte ise, 5 ml hekzan üzerine 1 ml p-anisidin çözeltisi ilave edilmiştir. Hazırlanan çözeltilerin vorteksle (DragonLab, MX-S) karışmaları sağlanıp 10 dakika oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda bekletildikten sonra, hazırlanan hekzanlı çözeltilere karşı örneğin absorbansı (A2), 350 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur (Gölükçü 2006). Okunan değerlerden p-anisidin değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$p-AD=25 \times (1.2 \times (A_2 - A_1)) / \text{Örnek ağırlığı (g)}$$

Eşitlik 3.2

3.8.3. Hızlandırılmış oksidasyon (ransimat) testi

Mayonez örneklerinin oksidasyona karşı göstermiş olduğu direnç (kararlılık), hızlandırılmış oksidasyon testi ile İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü'nde ayrıca ölçülmüştür. Bunun için Ransimat cihazı (Metrohm, 892) kullanılmıştır (Şekil 3.3). Oksidasyon testi için kullanılan ultra saf su Human Power I markalı su arıtma cihazından temin edilmiştir. Örnek tüplerine yaklaşık 3 gram numune konmuştur. 140°C sıcaklıkta çalışılmıştır. Saatte 20 L hava örnekler içerisinde geçirilerek, oksidasyona uğrayan örneklerden ayrılan uçucu organik asitler kapiler borular içerisinde ultra saf su içerisine iletilmiştir (Kurtulbas vd. 2018).



Şekil 3.3. Ransimat cihazının şematik olarak gösterimi (Şahin 2019)

3.8.4. Duyusal analiz

Üç farklı kaplama materyali (BP, MD, AZ) ile elde edilen fındık zarı mikrokapsülleri, dondurarak kurutularak elde edilen fındık zarı ekstraktı tozu, sentetik katkı maddesi içeren mayonez ve herhangi bir antioksidan madde eklenmeyen mayonezin değerlendirildiği duyuusal analizde Kutlu (2021) tarafından kullanılan beğeni kriterlerinin yanı sıra fındık zarından ileri gelen fenolik bileşiklerin oluşturabileceği acılık ve burukluk özellikleri de dikkate alınarak bu kriterler de eklenmiştir. Duyusal panel, Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nün lisans ve yüksek lisans öğrencilerinden oluşan 4 erkek ve 4 kadın panelist tarafından gerçekleştirilmiş olup mayonez örneklerinin renk, koku, görünüş, tat-aroma, yapı-kıvam, acılık, burukluk ve genel beğeni açısından Çok iyi: 9, Oldukça iyi: 8, İyi: 7, Biraz İyi: 6, Yorumsuz: 5, Biraz Kötü: 4, Kötü: 3, Oldukça Kötü: 2, Çok Kötü: 1 ölçütleriyle puanlanmaları istenmiştir (Çizelge 3.4). Mayonez örnekleri, panelistlere plastik tabaklar içerisinde 3 haneli sayılarla kodlanarak sunulmuş, örneklerin değerlendirilmesi arasında panelistlere su ve çubuk kraker sunularak örneklerin lezzet açısından birbirlerini etkilememesi sağlanmıştır.

Çizelge 3.4. Duyusal analiz formu

Panelistin Adı Soyadı:						
Duyusal Özellikler	Örnek Numarası					
	381	444	935	232	422	507
Renk						
Koku						
Görünüş						
Tat-Aroma						
Yapı-Kıvam						
Acılık						
Burukluk						
Genel Beğeni						
Puanlama	Çok iyi: 9, Oldukça iyi: 8, İyi: 7, Biraz İyi: 6, Yorumsuz: 5, Biraz Kötü: 4, Kötü: 3, Oldukça Kötü: 2, Çok Kötü: 1					

3.9. Dondurarak Kurutma ve Püskürterek Kurutma Yöntemleriyle Elde Edilen Tozlarda Yapılan Analizler

3.9.1. Su aktivitesi

Toz örneklerin su aktivitesi (aw) değeri, su aktivitesi tayin cihazı (AquaLab, 4TE, ABD) ile oda sıcaklığında (25±1°C) ölçülmüştür.

3.9.2. Ürün verimi

Püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüllerin verim değerleri, son ürün miktarının beslenen karışımdaki kuru madde miktarına oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

$$\text{ÜV} = (\text{ÜM} / \text{KM}) * 100$$

Eşitlik 3.4

ÜV: Ürün verimi (%)

ÜM: Ürün miktarı (g)

KM: Karışımdaki kurumadde miktarı (g)

3.9.3. Mikroenkapsülasyon etkinliği

Püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllerde yapılan toplam antioksidan kapasite tayini analizi öncesinde, 0.5 g örnek, oda sıcaklığındaki 50 mL saf su içerisinde manyetik karıştırıcıda (VWR Stirrer, ABD) 600 rpm'de 5 dakika süreyle karıştırılarak çözündürülmüştür. Elde edilen çözeltilerde, antioksidan kapasite tayini gerçekleştirilmiştir. Mikrokapsüllerin yüzey antioksidan kapasite değerinin belirlenmesi için Li vd. (2018) tarafından uygulanan metot kısmen modifiye edilerek kullanılmış olup 100 mg mikrokapsüllere 5 mL etanol eklenerek elde edilen karışımlar 3 saniye

vortekslenip süzölmüştür. Süzöntölerde toplam antioksidan kapasite tayini yapılmış olup analizler 3.2.3.1 başlığı altında anlatıldığı gibi gerçekleştirilmiştir. Mikroenkapsölasyon etkinliği toplam antioksidan kapasite ve yüzey antioksidan kapasite değeri kullanarak aşğıdaki formölle hesaplanmıştır.

$$\text{Mikroenkapsölasyon etkinliği (\%)} = (\text{Toplam antioksidan kapasite} - \text{Yüzey antioksidan kapasite} / \text{Toplam antioksidan kapasite}) \times 100 \quad \text{Eşitlik 3.5}$$

3.9.4. Partiköl boyutu dağılımı

Toz örneklerin partiköl boyut dağılımı $D[4,3]$ (μm), span (açıklık), d_{90} , d_{10} ve d_{50} değeri lazer ışığı kırınım prensibi ile çalışan partiköl boyut analiz cihazının sıvı modölü (Malvern, Mastersize 2000, wet dispersion unit, Birleşik Krallık) kullanılarak yapılmıştır. Ölçömler pöskürterek kurutma ile elde edilen mikrokapsöller ve dondurarak kurutulan fındık zarı ekstraktı tozunun %1 oranında 2-propanol içerisinde disperse edilmesi/dağıtılması sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Toz ürünün partiköl boyutu ortalama hacimsel alan boyutu ($D[4,3]$) olarak ifade edilmiş ve Eşitlik 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$D[4,3] = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3} \quad \text{Eşitlik 3.6}$$

n_i ; d_i ; çapına sahip partiköl sayısını ifade etmektedir.

Açıklık (span) yığın içindeki partiköllerin dağılımını ifade etmekte olup Eşitlik 3.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Açıklık} = \frac{d_{90} - d_{10}}{d_{50}} \quad \text{Eşitlik 3.7}$$

d_{90} , d_{10} ve d_{50} sırasıyla %90, %10 ve %50 kümölatif hacme sahip eşdeğer hacimsel çapları ifade etmektedir.

3.9.5. Yığın yoğunluğu analizi

Toz örneklerin yığın yoğunluğu, örneklerin 10 mL'lik mezür içerisinde hava boşluğu kalmayacak şekilde herhangi bir basınç uygulanmadan doldurulup 1 g tartıldıktan sonra kütle/hacim oranından hesaplanmıştır (Bhandari vd. 1992; Koç 2015). Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ise toz ürünlerin arasında oluşan boşlukların kaybolması için 1 g toz örneğin tartıldığı silindirik kabın 35 defa manuel olarak sert bir zemine vurulup sıkıştırıldıktan sonraki hacmin okumasıyla yine kütle/hacim oranından hesaplanmıştır (Beristain vd. 2001). Yığın yoğunluğu (ρ_b) ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (ρ_t) sonuçları kg/m^3 olarak verilmiştir. Ayrıca Eşitlik 3.8 kullanılarak toz örneklerin Carr indeks (CI) değeri de hesaplanmıştır. Carr (1965) yaptığı çalışmada yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değeri üzerinden hesaplanan CI değeri, 15'den küçük olması durumunda çok iyi, 15-20 arasında iyi, 20-35 arasında zayıf, 35-45 arasında kötü ve 45'den büyük ise çok kötü olarak belirtmiştir.

$$\text{Carr indeks (CI)} = \frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t} \times 100$$

Eşitlik 3.8

3.10. İstatistiksel Analizler

Fındık zarı ekstraksiyonunda (geleneksel ve ultrasonik) ve püskürterek kurutma ile enkapsülasyonda her işlemin optimum koşullarının belirlenebilmesi için Design Expert paket programı kullanılmıştır. Elde edilen veriler, Design-Expert paket programı (Stat-Ease Inc., Version 10, Minneapolis, ABD) dahilinde ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca depolama analizleri sonucunda elde edilen sonuçların ortalamaları varyans analizine tabi tutularak, önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma Testi ile ortaya koyulmuştur. Varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma Testi SAS Institute (Cary, NC, ABD) tarafından hazırlanan “The SAS system for Windows V7” isimli istatistiksel yazılım programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fındık Zarının Geleneksel Ekstraksiyonunda Optimum Sıcaklık, Süre ve Oranın Belirlenmesi

Tez kapsamında, endüstriyel bir yan ürün olan fındık zarından en yüksek antioksidan kapasiteye sahip ekstrakt elde edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, geleneksel ve ultrases destekli ekstraksiyon olmak üzere iki farklı yöntem denenmiş olup en yüksek toplam fenolik bileşen miktarının ve antioksidan kapasite değerinin elde edilmesini sağlayan koşullar her iki yöntem için de bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Literatür incelendiğinde fındık zarının antioksidan bileşenlerinin ekstraksiyonunda farklı yöntemlerin ve bu yöntemlerin optimum koşullarının belirlenmesine yönelik kısıtlı sayıda çalışma (Contini vd. 2008; Odabaş ve Koca 2016; Fanali vd. 2021) olduğu görülmüştür. Yöntem olarak maserasyon ve ultrases tekniklerini konu alan bu çalışmalarda çözgen olarak etanol, metanol, aseton ve ötektik sıvılar kullanılmıştır. Tez kapsamında gerek çevre dostu olması gerekse de temiz etiketli ürün elde edilmesine imkan sağlamasından dolayı çözgen olarak su kullanılması ekstraksiyon açısından tezin özgünlüğünü oluşturmaktadır. Ekstraksiyon optimizasyonları Design Expert 10 programı kullanılarak Response Surface Optimal (custom) Design deneme desenine göre belirlenmiştir. Geleneksel ekstraksiyon deneme deseninde bağımsız değişkenler olarak sıcaklık (50-90°C), süre (2-62 dakika) ve besleme (katı:sıvı) oranı (%5-15) seçilmiş, cevap olarak ise toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı kullanılmıştır.

Kullanılan değişkenlere göre program tarafından oluşturulan 20 farklı deneme gerçekleştirilmiş ve denemelerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde fındık zarı örneklerinin toplam antioksidan kapasite değerinin 72.44-127.21 $\mu\text{mol TE/g}$ arasında, toplam fenolik bileşen miktarının ise 75.27-155.06 mg GAE/g arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek antioksidan aktivite değeri (127.21 $\mu\text{molTE/g}$) 90°C’de 24 dakikada %15 besleme oranı kullanılarak elde edilen ekstraktta tespit edilirken, en düşük antioksidan aktivite değeri ise 50°C’de 6 dakikada %15 besleme oranı ile elde edilen ekstraktta bulunmuştur. Ekstraktların toplam fenolik madde miktarı sonuçları değerlendirildiğinde ise en yüksek toplam antioksidan kapasite değerinin elde edildiği koşullarda toplam fenolik bileşen miktarının da en yüksek olduğu görülmüştür. Genel olarak toplam fenolik bileşen miktarı yüksek olan ekstraktların antioksidan kapasite değerleri yüksek olsa da, bazı deneme sonuçları toplam fenolik bileşen miktarı ile antioksidan kapasite sonuçlarının birbiriyle doğrudan ilişkili olmadığını da göstermiştir. Bitki ekstraktlarındaki en önemli antioksidan bileşenlerin fenolik maddeler olduğu bilinse de (Lien vd. 2016), fındıkta fenolik bileşenler dışında tokoferol ve karotenoidler gibi antioksidan özellik gösteren diğer bileşenler de bulunmaktadır (Alasalvar vd. 2003). Bu durumdan dolayı toplam fenolik bileşen miktarı ile antioksidan aktivite değeri arasında her koşulda bir korelasyonun bulunmadığı söylenebilir. Farklı tür fındıkların kavurma sonrası oluşan zarlarının %80 metanol, etanol ve aseton ile ekstraksiyonu (oda sıcaklığında 24 saat çalkalamalı ekstraksiyon) sonucu elde edilen ekstraktların toplam fenolik bileşen miktarı çözgene bağlı olarak 426-502 mg GAE/g olarak bulunmuştur (Contini vd. 2008). Odabaş ve Koca (2016) tarafından fındık zarı 4°C sıcaklıkta, 24 saat süreyle %50, %70 ve %90’lık etanol kullanılarak ekstrakte edilmiş, elde edilen ekstraktların toplam fenolik bileşen

miktarı 36.99-58.82 mg GAE/g arasında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürle kısmen uyumlu olsa da aradaki farklılıkların fındık çeşidi, yetiştirildiği bölgenin yıl içerisindeki iklim koşulları, hasat zamanı, kavurma şartları, fındık zarlarının depolama koşulları ve ekstraksiyon şartlarındaki (yöntem, çözügen, sıcaklık, süre, besleme oranı vb.) farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.1. Geleneksel ekstraksiyon deneme desenine göre elde edilen fındık zarı ekstraktlarının içerdiği toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı

No	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Oran (%)	Toplam Antioksidan Kapasite (μmol TE/g)	Toplam Fenolik Bileşen Miktarı (mg GAE/g)
1	90	48	5	118.07	126.72
2	70	48	10	106.09	124.18
3	70	48	10	107.31	123.75
4	50	48	15	81.94	91.19
5	70	48	10	104.58	130.01
6	50	12	10	80.28	75.27
7	50	48	10	85.41	103.95
8	50	6	15	72.44	91.80
9	50	62	5	83.90	93.69
10	90	2	10	106.25	130.58
11	90	48	5	117.82	150.48
12	70	12	5	106.43	124.69
13	70	48	10	97.81	111.94
14	90	24	15	122.75	136.87
15	90	6	5	123.13	138.27
16	50	24	5	89.72	99.39
17	70	48	15	95.79	118.02
18	90	62	15	120.84	152.81
19	90	24	15	127.21	155.06
20	70	2	15	72.50	108.15

Fındık zarlarının toplam antioksidan kapasite değerleri üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geliştirilen modelin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.01$), model uyumsuzluğunun ise önemsiz olduğu ($p > 0.05$) görülmektedir. Önerilen model denkleminin R^2 ve $R^2_{döl}$ değerleri sırasıyla 0.9437 ve 0.8931 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toplam antioksidan kapasite üzerine geleneksel yöntemle yapılan ekstraksiyon sıcaklığının istatistiksel olarak önemli derecede ($p < 0.01$) etkili olduğu görülmektedir. Antioksidan kapasite değeri için regresyon analizi sonucunda elde edilen model, gerçek değişkenler cinsinden Eşitlik 4.1’de verilmiştir.

$$\text{Toplam Antioksidan Kapasite } (\mu\text{mol TE/g}) = 104.22 - 0.68 \times \text{Sıcaklık} + 0.69 \times \text{Süre} - 3.56 \times \text{Oran} - 8.24 \times 10^{-4} \times \text{Sıcaklık} \times \text{Süre} + 0.03 \times \text{Sıcaklık} \times \text{Oran} + 0.04 \times \text{Süre} \times \text{Oran} + 9.40 \times 10^{-4} \times \text{Sıcaklık}^2 - 0.01 \times \text{Süre}^2 - 0.02 \times \text{Oran}^2$$

Eşitlik 4.1

Çizelge 4.2. Toplam antioksidan kapasite üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve geleneksel ekstraksiyonun toplam antioksidan kapasite için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler

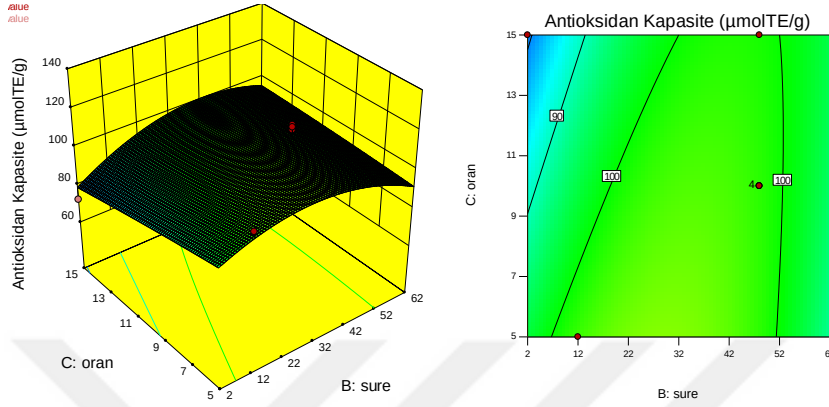
Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
Model	9	5543.63	18.64	0.0001**
A-Sıcaklık	1	4082.98	123.53	0.0001**
B-Süre	1	71.20	2.15	0.1729
C-Oran	1	138.66	4.20	0.0677
AB	1	1.40	0.042	0.8411
AC	1	84.67	2.56	0.1406
BC	1	175.61	5.31	0.0439*
A ²	1	55.22	1.67	0.2252
B ²	1	296.89	8.98	0.0134*
C ²	1	0.92	0.028	0.8707
Kalıntı Model	10	330.52		
Uyumsuzluğu	5	266.59	4.17	0.0716
Saf hata	5	63.92		
Toplam	19	5874.14		

Model	R ²	R ² dzl	Pred-R ²	CV%	PRESS	Yeterli kesinlik
Quadratic	0.9437	0.8931	0.5669	5.69	2543.99	13.977

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ seviyesinde istatiki açıdan önemi ifade etmektedir.

İşlem değişkenlerinin elde edilen toplam antioksidan kapasite üzerindeki etkilerinin gözlemlenebilmesi için verilen model kullanılarak program tarafından yanıt yüzey grafikleri oluşturulmuş ve bu grafikler Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Oran ve sürenin artışı (46.5. dakikaya kadar) ile antioksidan kapasitenin arttığı görülmüş ve bu interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). En yüksek toplam antioksidan kapasitenin elde edilmesini sağlayan geleneksel ekstraksiyon şartlarının optimum sıcaklığı 90°C, süresi 46.5 dakika ve besleme oranı ise %15 olarak belirlenmiştir. Piechowiak vd. (2020) tarafından soğan kabuğundaki fenolik maddelerin ve diğer antioksidan maddelerin ekstraksiyonunun optimizasyonunu konu alan çalışmada ekstraktın antioksidan kapasitesinin ekstraksiyon süresinin belirli bir süre artış gösterdiği, ilerleyen ekstraksiyon sürelerinde ise antioksidan kapasite değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum ekstraksiyon süresinin artmasına bağlı olarak antioksidan özellik göstermeyen karbonhidratlar, proteinler, diyet lifi ve minerallerin de ekstrakta geçmesi ve/veya antioksidanların termal bozunması ile ilişkilendirilmiştir. Sıcaklığın artması ile toplam antioksidan kapasitenin artması ise difüzyon hızının artması ve çözgen viskozitesinin azalmasına bağlı olarak suya geçen maddelerin çözünürlüğünün artması ile açıklanabilir. Nitekim *Terminalia chebula* bitkisi meyvelerinden antioksidan bileşenlerin ekstraksiyonunu konu alan çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir (Sheng vd. 2018). Ekstraksiyonda kullanılan aynı hacimde çözgen için artan katı miktarı kütle aktarım hızını azaltarak verimliliği düşürse de (itici gücün konsantrasyon farkı olması), tez sonuçlarından katı miktarının artmasına bağlı olarak antioksidan kapasite miktarının arttığı görülmüştür. Benzer şekilde bira üretim

atıklarından antioksidan madde (Andres vd. 2020) ve adaçayından fenolik madde (Torun vd. 2015) ekstraksiyonlarını konu alan çalışmalarda da ekstraksiyonda kullanılan katı madde miktarının artmasıyla hedef bileşenlerin ekstraksiyonunun arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum Torun vd. (2015) tarafından daha fazla katı miktarının daldırma etkisine bağlı olarak katı-çözücü etkileşiminin artması ile ilişkilendirilmiştir.



Şekil 4.1. Ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi ve besleme oranının toplam antioksidan kapasite ($\mu\text{mol TE/g}$) üzerine etkisinin yüzey fonksiyonları

Çizelge 4.3’de toplam fenolik bileşen miktarı üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geliştirilen modelin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.01$), model uyumsuzluğunun ise önemsiz olduğu ($p > 0.05$) görülmektedir. Önerilen model denkleminin R^2 ve R^2 ’dizi değerleri sırasıyla 0.8554 ve 0.8283 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toplam fenolik bileşen miktarı üzerine sıcaklığın ($p < 0.01$) istatistiksel olarak önemli derecede etkili olduğu görülmektedir. Toplam fenolik bileşen miktarı için regresyon analizi sonucunda elde edilen model, gerçek değişkenler cinsinden Eşitlik 4.2’de verilmiştir.

$$\text{Toplam Fenolik Bileşen Miktarı (mg GAE/g)} = 24.36 + 1.23 \times \text{Sıcaklık} + 0.19 \times \text{Süre} + 0.1 \times \text{Oran} \quad \text{Eşitlik 4.2}$$

Çizelge 4.3. Toplam fenolik bileşen miktarı üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve geleneksel ekstraksiyonun toplam fenolik miktarı için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
Model	3	8010.89	31.54	0.0001**
A-Sıcaklık	1	7871.85	92.99	0.0001**
B-Süre	1	291.52	3.44	0.0820
C-Oran	1	2.99	0.035	0.8533
Kalıntı	16	1354.44		
Model Uyumsuzluğu	11	734.57	0.54	0.8177
Saf hata	5	619.87		

Devamı arkada

Çizelge 4.3'ün devamı

Varyasyon Kaynakları		SD	Kareler Toplamı	F değeri		p değeri
Toplam	19	9365.33	Toplam	19	9365.33	Toplam
Model	R ²	R ² dzl	Pred-R ²	CV%	PRESS	Yeterli kesinlik
Linear	0.8554	0.8283	0.7733	7.71	2122.75	14.579

^{**} $p < 0.01$ seviyesinde istatiki açıdan önemi ifade etmektedir.

Toplam fenolik bileşen miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli tek değişkenin sıcaklık olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ekstraksiyon sıcaklığının artması hücre duvarının termal etkiyle parçalanarak fenolik bileşenlerin difüzyonunu arttırırken, aynı zamanda özellikle karbonhidratlara bağlı olan fenolik bileşiklerin çözünür fenoliklere dönüşmesini sağlamaktadır (Torun vd. 2015).

4.2. Fındık Zarının Ultrases Destekli Ekstraksiyonunda Optimum Sıcaklık, Süre ve Oranın Belirlenmesi

Su çevreye ve insan sağlığına zararlı etki göstermemesinden dolayı çevre dostu bir çözgen olarak görülse de, fenolik bileşenlerin yapısından dolayı farklı polaritedeki çözücü karışımlarının ekstrakt verimliliği üzerine daha etkili olduğu bilinmektedir. Ekstraksiyon süresini kısaltarak enerji tüketimini azaltmak ve ekstraksiyon verimini arttırmak için bitki bileşenlerinin ekstraksiyonunda kullanılan diğer yaklaşımlardan biri de ultrasonik destekli ekstraksiyondur (Carrera vd. 2012). Özellikle son yıllarda çevre ve insan sağlığına etkilerinden dolayı ekstraksiyonda kimyasal kullanımından kaçınılması göz önünde bulundurularak çözgen olarak su tercih edilmiş ve ekstraksiyon verimliliğin artırılması için de ultrases destekli ekstraksiyon şartlarının optimizasyonu ayrıca araştırılmıştır. Bu amaçla Response Surface Optimal (custom) Design deneme desenine göre ultrasonik ekstraksiyon sıcaklığı (25-50°C), süre (1-30 dk), oran (%5-15) ve genlik (%20-50) parametrelerinin etkisiyle toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarının belirlenmesine yönelik 25 farklı deneme gerçekleştirilmiştir ve denemelerden elde edilen toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı sonuçlarına ait veriler Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde örneklerin toplam antioksidan kapasite değerinin 47.93-117 µmol TE/g arasında toplam fenolik bileşen miktarının ise 54.76-134.5 mg GAE/g değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.4. Ultrases destekli ekstraksiyon deneme desenine göre elde edilen fındık zarı ekstraktlarının içerdiği toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı

No	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Oran (%)	Genlik (%)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmolTE/g)	Toplam Fenolik Bileşen Miktarı (mg GAE/g)
1	1	25	5	20	57.78	58.20
2	1	25	5	50	70.51	70.20
3	10	25	5	35	78.03	84.72

Devamı arkada

Çizelge 4.4'ün devamı

No	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Oran (%)	Genlik (%)	Toplam Antioksidan Kapasite (μmolTE/g)	Toplam Fenolik Bileşen Miktarı (mg GAE/g)
4	15	50	15	35	86.78	105.88
5	30	50	10	50	102.94	112.37
6	30	40	15	20	77.86	105.41
7	1	40	10	35	79.72	87.12
8	1	40	10	35	79.84	81.20
9	1	50	15	20	77.86	92.47
10	30	25	5	35	93.94	95.86
11	15	50	15	35	86.25	116.33
12	15	25	10	20	58.01	72.83
13	15	25	15	35	93.08	108.26
14	1	40	10	35	76.77	82.86
15	1	50	15	50	69.98	99.97
16	1	40	10	35	83.25	82.26
17	1	50	5	20	64.71	92.46
18	1	50	5	50	111.28	103.91
19	1	25	15	20	47.93	54.76
20	15	40	15	50	93.97	107.14
21	15	25	10	20	73.58	85.16
22	15	40	5	50	117.00	134.51
23	30	25	15	50	89.30	107.70
24	15	40	5	20	92.35	91.92
25	30	50	5	20	94.69	112.78

Çizelge 4.5’de toplam antioksidan kapasite üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geliştirilen modelin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.01$), model uyumsuzluğunun ise önemsiz olduğu ($p>0.05$) görülmektedir. Önerilen model denkleminin R^2 ve $R^2_{döl}$ değerleri sırasıyla 0.6719 ve 0.6063 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toplam antioksidan kapasite üzerine sıcaklık, süre ve genlik istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunurken, besleme oranının ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Antioksidan kapasite değeri için regresyon analizi sonucunda elde edilen model, gerçek değişkenler cinsinden Eşitlik 4.3’de verilmiştir.

$$\text{Toplam Antioksidan Kapasite } (\mu\text{mol TE/g}) = 40.50 + 0.68 \times \text{Süre} + 0.57 \times \text{Sıcaklık} - 1.051 \times \text{Besleme} + 0.68 \times \text{Genlik}$$

Eşitlik 4.3

Çizelge 4.5. Toplam antioksidan kapasite üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve ultrases destekli ekstraksiyonun toplam antioksidan kapasite için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
Model	4	4265.20	10.24	0.0001**
A-Süre	1	1388.47	13.33	0.0016**
B-Sıcaklık	1	848.63	8.15	0.0098**
C-Oran	1	486.22	4.67	0.0430*
D-Genlik	1	1595.73	15.32	0.0009**
Kalıntı	20	2082.59		
Model	15	1940.17	4.54	0.0518
Uyumsuzluğu	5	142.42		
Saf hata	24	6347.79		
Toplam				

Model	R ²	R ² dzl	Pred-R ²	CV%	PRESS	Yeterli kesinlik
Linear	0.6719	0.6063	0.4602	12.40	3426.46	13.050

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ seviyesinde istatiki açıdan önemi ifade etmektedir.

Çizelge 4.6’da toplam fenolik bileşen miktarı üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geliştirilen modelin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.01$), model uyumsuzluğunun ise önemsiz olduğu ($p > 0.05$) görülmektedir. Önerilen model denkleminin R^2 ve R^2 dzl değerleri sırasıyla 0.9068 ve 0.7762 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toplam fenolik bileşen madde miktarı üzerine sıcaklık ($p < 0.01$), süre ($p < 0.01$) ve genliğin ($p < 0.05$) istatistiksel olarak önemli derecede etkili olduğu görülmektedir. Toplam fenolik bileşen miktarı için regresyon analizi sonucunda elde edilen model, gerçek değişkenler cinsinden Eşitlik 4.4’de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Toplam Fenolik Bileşen Miktarı (mg GAE/g)} = & -47.31 + 3.59 \times \text{Süre} + 3.50 \times \text{Sıcaklık} - \\ & 1.11 \times \text{Oran} + 1.89 \times \text{Genlik} - 0.02 \times \text{Süre} \times \text{Sıcaklık} - 7.93 \times 10^{-3} \times \text{Süre} \times \text{Oran} + 1.28 \times \\ & 10^{-3} \times \text{Süre} \times \text{Genlik} - 0.06 \times \text{Sıcaklık} \times \text{Oran} - 9.48 \times 10^{-3} \times \text{Sıcaklık} \times \text{Genlik} - 0.04 \times \text{Oran} \times \text{Genlik} - \\ & 0.06 \times \text{Süre}^2 - 0.02 \times \text{Sıcaklık}^2 + 0.23 \times \text{Oran}^2 - 9.36 \times 10^{-3} \times \text{Genlik}^2 \end{aligned} \quad \text{Eşitlik 4.4}$$

Çizelge 4.6. Toplam fenolik bileşen miktarı üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve ultrases destekli ekstraksiyonun toplam fenolik bileşen miktarı için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
Model	14	7511.60	6.95	0.0020**
A-Süre	1	1853.78	24.00	0.0006**
B-Sıcaklık	1	1685.72	21.82	0.0009**
C-Oran	1	17.34	0.22	0.6458
D-Genlik	1	776.71	10.06	0.0100*

Devamı arkada

Çizelge 4.6'nın devamı

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
AB	1	172.16	2.23	0.1663
AC	1	2.94	0.038	0.8492
AD	1	0.67	8.669E-003	0.9277
BC	1	159.55	2.07	0.1812
BD	1	25.42	0.33	0.5789
CD	1	95.60	1.24	0.2920
A ²	1	652.42	8.45	0.0157*
B ²	1	28.46	0.37	0.5574
C ²	1	101.99	1.32	0.2773
D ²	1	18.03	0.23	0.6394
Kalıntı Model	10	772.45		
Uyumsuzluğu	5	621.51	4.12	0.0732
Saf hata	5	150.93		
Toplam	24	8284.05		

Model	R ²	R ² dzl	Pred-R ²	CV%	PRESS	Yeterli kesinlik
Quadratic	0.9068	0.7762	-0.2915	9.36	10699.11	10.56

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ seviyesinde istatiki açıdan önemi ifade etmektedir.

En yüksek toplam fenolik bileşenin elde edilmesini sağlayan ultrasonik ekstraksiyon optimum koşulları ise, 50°C sıcaklık, 27 dakika süre, %5 besleme oranı ve %50 genlik olarak belirlenmiştir. Rohilla ve Mahanta (2021) tarafından tomarillo meyvesinden (ağaç domatesi) fenolik maddelerin ultrases destekli ekstraksiyon optimizasyonun araştırıldığı çalışmada %10-80 arasındaki genlik değerleri çalışılmış ve araştırmacılar genlik değerinin %10'dan %50'ye artmasıyla fenolik madde miktarının arttığını, %50'nin üzerinde ise azalmaya başladığını belirlemişlerdir. Genliğin artmasıyla fenolik madde miktarının artması yüksek genlikte kavitasyonun etkinliğinin artması ile ilişkilendirilirken, %50'nin üzerindeki genlik değerlerinde fenolik madde miktarındaki azalış ise kavitasyonun fenolik degradasyonuna neden olduğu ile ilişkilendirilmiştir. Zeytin yaprağından fenolik maddelerin ultrases desteğiyle ekstraksiyonunu konu alan çalışma sonucunda fenolik madde miktarının 30. dakikaya arttığı bu dakikadan sonra ise sürenin artması ile fenolik madde degradasyonuna bağlı olarak miktarın azaldığı ve optimum sürenin 30 dakika olduğu belirtilmiştir (Irakli vd. 2018). Benarfa vd. (2020), *Deverra scoparia* bitkisinin yapraklarından ultrases destekli ekstraksiyonla antioksidatif fenolik madde ekstraksiyonunun optimizasyonunu araştırmışlar ve optimum ekstraksiyon sıcaklığının 50°C olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada sıcaklık artışı ile bitki hücre duvarlarının zarar görüp parçalanmasıyla daha fazla fenolik bileşenin bitkiden çözgene difüze olduğu, daha yüksek sıcaklıklarda ise bozunmaların gerçekleştiği rapor edilmiştir.

4.3. Optimum Ekstraksiyon Noktalarının Deneysel Verilerle Doğrulanması

Design Expert programına göre geleneksel ekstraksiyonun optimum koşulları 0.93 istenilirlik ile sıcaklık 90°C, süre 46.5 dk ve besleme oranı ise %15 olarak belirlenmiştir. Ultrases destekli ekstraksiyonunun optimum koşulları ise sıcaklık 50°C, süre 27 dakika, genlik %50 ve besleme oranı ise %5 olarak program tarafından 0.96 istenilirlikle verilmiştir. Program tarafından verilen koşullarda ekstraksiyon denemeleri gerçekleştirilerek antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen miktarı analizleri yapılmıştır. Yapılan bu denemelere göre elde edilen verilerle program tarafından tahminlenen veriler karşılaştırılarak bulunan sonuçlar Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelgede yer alan tahmin edilen ve deneysel veriler arasındaki farklılıklar (%) incelendiğinde hem fenolik hem de antioksidan kapasite sonuçları için hataların kabul edilebilir bir seviyede olduğunu söylemek mümkündür. Nitekim cevap yüzey metodunda optimum noktalarda yapılan doğrulama testleri sonucunda tahmin edilen ve deneysel veriler arasındaki farklılıkların %15’in altında olmasının beklenildiği bildirilmektedir (Özdikicierler vd. 2019). Geleneksel ve ultrases destekli ekstraksiyonların hem antioksidan kapasite hem de fenolik bileşen verimliliği üzerine etkileri karşılaştırıldığında ise ultrases desteğiyle daha az fındık zarı kullanılarak, çok daha düşük sıcaklıkta ve daha kısa sürede yaklaşık aynı kazanımların elde edilebildiği görülmüştür. Nitekim bir önceki “4.2. Fındık Zarının Ultrasonik Ekstraksiyonunda Optimum Sıcaklık, Süre ve Oranın Belirlenmesi” bölümünde de tartışıldığı üzere ultrases ile oluşan kavitasyonun hücre parçalanmasına neden olduğunu ve bu sayede çözgenin iyi bir şekilde nüfuz ederek fenolik maddelerin difüzyonunu hızlandırdığı söylenebilir. Bu nedenle tezin bundan sonraki enkapsülasyon çalışmaları için ultrases destekli ekstraksiyon yapılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ekstraksiyon optimizasyonuna ilişkin deneysel ve teorik verilerin karşılaştırılması

Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)			
Yöntem	Tahmin Edilen	Deneysel	Hata (%)
Geleneksel Ekstraksiyon	126.17	126.97	0.6
Ultrases Destekli Ekstraksiyon	116.00	125.03	7.79
Fenolik Bileşen Miktarı (mg GAE/g)			
Yöntem	Tahmin Edilen	Deneysel	Hata (%)
Geleneksel Ekstraksiyon	145.75	137.62	5.58
Ultrases Destekli Ekstraksiyon	129.69	132.41	2.10

Ultrases destekli ekstraksiyonun optimizasyon çalışmaları 250 mL’lik çift cidarlı beherde yapılmış, enkapsülasyon çalışmaları için yaklaşık 20 L’lik ekstrakta ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle bundan sonraki çalışmalarda kullanılacak olan ekstrakt eldesi için ekstraksiyon işlemi 2 L’lik çift cidarlı beherde yapılmıştır. Ancak ekstraktın birim hacmine uygulanan enerjinin bir göstergesi olan akustik enerji yoğunluğunun değişecek olması nedeniyle farklı hacimlerde ultrases destekli ekstraksiyon denemeleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen ekstraktların antioksidan aktivitelerine ait sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere hacmin 2 L’ye çıkması ile

hatanın bir miktar daha arttığı ancak kabul edilebilir seviyede olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.8. Ultrases destekli ekstraksiyonun optimum koşullarında farklı ölçeklerde yapılarak elde edilen ekstraktların antioksidan değerlerinin tahmin edilen değerlerle karşılaştırılması

Ölçek	Antioksidan Kapasite ($\mu\text{mol TE/g}$)		
	Tahmin Edilen	Deneyisel	Hata (%)
Ultrases Destekli Ekstraksiyon (50 mL)	116	125.03	7.79
Ultrases Destekli Ekstraksiyon (650 mL)		106.99	7.77
Ultrases Destekli Ekstraksiyon (2 L)		104.84	9.62

4.4. Püskürterek Kurutma Koşullarının Optimizasyonu

Fındık zarı ekstraktının mayonezde doğal bir antioksidan olarak kullanılması amacıyla gerçekleştirilen tez kapsamında enkapsülasyon işlemiyle, ekstraktın gıda matriksinde antioksidan etkisinin korunması ve kontrollü salınımı amaçlanmıştır. Ayrıca enkapsülasyon ile fenolik bileşiklerin sebep olabileceği acı/buruk tadın maskelenerek mayonezin duyuusal özelliklerini olumsuz etkilemesinin de engellenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla ultrasonik ekstraksiyon ile optimum koşullarda elde edilen yaklaşık 1.5 °Bx'e sahip fındık zarı ekstraktı, püskürterek kurutma işleminde verimin artmasına katkı sağlaması amacıyla 8 °Bx'e konsantre edilmiştir. Elde edilen konsantre ekstraktlar 3 farklı kaplama materyali (bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıncı) kullanılarak püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsüle edilmiştir. Enkapsülasyon koşullarından kaplama materyali konsantrasyonu ve püskürterek kurutma giriş sıcaklığı her bir materyal için mikroenkapsülasyon etkinliğine göre ayrı ayrı optimize edilmiş, optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerin partikül büyüklüğü, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve akabilirlik (Carr indeksi) değerleri ile morfolojik görüntüleri belirlenmiştir. Kullanılan kaplama materyalinin mayonez gibi bir gerçek gıda matriksinde stabilitesinin incelenmesi hedeflendiği için her bir optimum koşulda üretilen mikronekapsüller ayrı ayrı mayonezlere eklenmiştir.

Toz ürünlerin depolama stabilitesi açısından öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken özelliği su aktivitesidir. Her bir kaplama materyali için materyal konsantrasyonu ve püskürterek kurutma giriş sıcaklığına göre 13 deneme yapılmış bu denemelerden elde edilen toz fındık zarı mikrokapsüllerinin su aktivitesi değerleri ölçülmüştür. Bezelye proteini kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin su aktivitesi değeri 0.11-0.16 arasında, maltodekstrin ile elde edilenlerin 0.13-0.30 ve arap zıncı ile elde edilenlerin ise 0.13-0.28 arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Su aktivitesi değerinin 0.65'nin altında olması ürünlerin mikrobiyal açıdan güvenli olması için yeterli olup, enzimatik reaksiyonlar, Maillard reaksiyonları gibi enzimatik olmayan reaksiyonlar ve lipid oksidasyonu gibi diğer kimyasal ve biyokimyasal değişimler için 0.2-0.3 su aktivitesi değeri güvenilir aralık olarak kabul edilmektedir (Cemeroğlu 1999). Bu açıdan değerlendirildiğinde genel olarak mikrobiyolojik, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar açısından tozların güvenli bir su aktivitesine sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Püskürterek kurutma ile yapılan etken maddelerin enkapsülasyonu işlemlerinde, stabil kapsüllerin üretimi yanında önemli olan bir diğer husus da kurutma işleminin ne kadar verimlilikte gerçekleştirildiğidir. Yapılan çalışmalar sonucunda laboratuvar ölçekli püskürtmeli kurutucuda kurutma işleminin verimlilik açısından başarılı olarak sayılabilmesi için ürün verimliliğinin en az %50 olması gerektiği belirtilmiştir (Bhandari vd. 1997; Vidovic vd. 2014). Bu nedenle cevap olarak kullanılsa da yapılan denemelerin ürün verimlilik değerleri analiz edilmiştir. Her bir deneme için yapılan analiz sonucunda bezelye proteini ile üretilen enkapsüllerin verimliliği %40-59; maltodekstrin ile üretilenlerin %35-58; arap zımkı ile üretilenlerin ise %26-49 arasında bulunmuştur. Püskürterek kurutma sırasında kurutma verimliliğini etkileyen en önemli unsur kurutulacak karışımın içeriğindeki bileşenlerin camsı geçiş sıcaklığına bağlı olarak meydana gelen yapışma problemidir. Bu problemi engellemek için kurutulacak materyallerin içerisine camsı geçiş sıcaklığını arttıracak taşıyıcı materyallerin kullanımı yaygın bir uygulamadır. Bu amaçla maltodekstrin, arap zımkı ve protein bazlı taşıyıcıların düşük oranlarda kullanımı ile verimin arttırılabileceği vurgulanmıştır (Tontul ve Topuz 2017). Sonuçlar değerlendirildiğinde genel olarak bezelye proteini ile yapılan kurutma işleminin ürün verimi açısından maltodekstrin ve arap zımkına göre daha iyi sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür. Yukarıda da bahsedildiği üzere bu sonucu etkileyen en önemli unsurun camsı geçiş sıcaklığı olduğu bilinmektedir. Her ne kadar tez kapsamında kullanılan kaplama materyallerinin camsı geçiş sıcaklıkları analiz edilmemiş olsa da literatürde bu özellik ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Farklı proteinlerin camsı geçiş sıcaklıklarının belirlenmesini konu alan bir çalışma sonucunda bezelye proteinin camsı geçiş sıcaklığının 184°C olduğunu belirtilmiştir (Matveev 1997). Barros-Fernandes vd. (2014), püskürterek kurutma yöntemiyle biberiye enkapsülasyonu üzerine yaptıkları çalışma için kullandıkları taşıyıcılar olan arap zımkının camsı geçiş sıcaklığının 170°C, dekstrozu eşdeğerliği 10 olan maltodekstrinin ise 160°C olduğunu bildirmişlerdir. Tez kapsamında bezelye proteini ile yapılan enkapsülasyon işleminin verimliliğinin diğer kaplama materyalleri ile yapılanlara göre daha yüksek bulunmasının nedeni bezelye proteininin yüksek camsı geçiş sıcaklığı ile ilişkilendirilebilir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla ($p>0.05$) birlikte bezelye proteinin artışıyla verim değerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Vişne suyu (Baranska vd. 2022) ve domates suyunun (Tontul vd. 2015) bitkisel proteinler kullanılarak püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsüle edildiği çalışmalar sonucunda verim değerlerinin düşüklüğü bitkisel proteinlerin çözünürlüklerinin düşük olması ile ilişkilendirilmiştir. Literatür incelendiğinde bitkisel ekstraktların püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsülasyonunu konu alan pek çok çalışma mevcut olup, oldukça geniş aralıkta değişen verimlilik sonuçlarının elde edildiği görülmüştür. *Citrus medica* meyve ekstraktının arap zımkı, maltodekstrin ve peynir altı suyu proteini kullanarak enkapsüle edildiği çalışma (Mahdi vd. 2020) sonucunda verim %77-89 arasında, narınciye atıklarından elde edilen ekstraktın maltodekstrin (DE 16.5-19.0) kullanarak enkapsüle edildiği çalışmada (Papoutsis vd 2018) %35-49 arasında, meyan kökü ekstraktının maltodekstrin (DE 18) ve peynir altı suyu proteini kullanılarak püskürterek kurutulduğu çalışmada (Özgüner-Kabak 2019) %50-71 arasında, dağ çayı (*Sideritis stricta*) ekstraktının β -siklodekstrin, arabik gam ve maltodekstrin (DE 12 ve 19) kullanılarak enkapsüle edildiği çalışma sonucunda ise %12-51 arasında (Nadeem vd. 2011) bulunmuşlardır. Yapılan çalışmalarda verim değerlerinin bu kadar geniş bir aralıkta olması beklenen bir sonuç olup ürünün bileşimi, ürünün konsantrasyon

derecesi, kullanılan taşıyıcılar, bu taşıyıcıların oranı, püskürterek kurutma işlem koşulları gibi birçok değişken bu sonuçları etkilemektedir.

4.4.1. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak bezelye proteini kullanıldığında optimum koşulların belirlenmesi

Püskürterek kurutma işleminde, kaplama materyali olarak bezelye proteini kullanıldığında optimum işlem parametreleri 13 koşulda gerçekleştirilen deneme desenine göre, en yüksek mikroenkapsülasyon etkinliğinin (%) elde edilmesine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde mikroenkapsülasyon etkinliği değerlerinin %72.92-89.09 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek mikroenkapsülasyon etkinliği %20 oranında bezelye proteinin kullanıldığı 140°C’de kurutulan şartlarda elde edilirken, en düşük etkinlik ise %20 oranında bezelye proteinin kullanıldığı ve 180°C’de kurutularak elde edilen örneklerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak bezelye proteini kullanıldığında mikroenkapsülasyon etkinlikleri

No	Kaplama Materyali (%)	Sıcaklık (°C)	Mikroenkapsülasyon Etkinliği (%)
1	35.00	160	81.14
2	56.21	160	84.26
3	50.00	140	80.20
4	35.00	160	80.40
5	35.00	188	80.54
6	20.00	180	76.92
7	20.00	140	89.09
8	35.00	132	82.95
9	35.00	160	82.40
10	35.00	160	84.31
11	13.79	160	80.80
12	35.00	160	84.98
13	50.00	180	83.73

Çizelge 4.10’da mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geliştirilen modelin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.01$), model uyumsuzluğunun ise önemsiz olduğu ($p>0.05$) görülmektedir. Önerilen model denkleminin R^2 ve $R^2_{d\bar{z}l}$ değerleri sırasıyla 0.7540 ve 0.6720 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde giriş sıcaklığının, istatistiksel olarak önemli derecede ($p<0.05$) etkili olduğu görülmektedir. Mikroenkapsülasyon etkinliği değeri için regresyon analizi sonucunda elde edilen model, gerçek değişkenler cinsinden Eşitlik 4.5’de verilmiştir.

$$\text{Mikroenkapsülasyon Etkinliği (\%)} = 166.90 - 2.07 \times \text{Kaplama Materyali} - 0.53 \times \text{Sıcaklık} + 0.01 \times \text{Kaplama Materyali} \times \text{Sıcaklık}$$

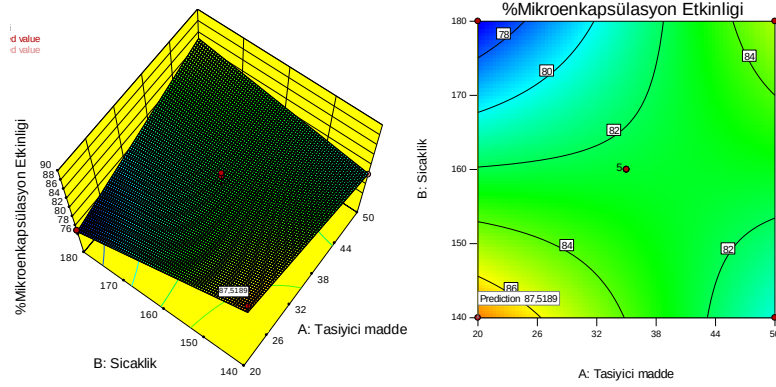
Eşitlik 4.5

Çizelge 4.10. Mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve püskürterek kurutmanın mikroenkapsülasyon etkinliği için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
Model	3	80.68	9.20	0.0042**
A- Kaplama Materyali Oranı	1	0.98	0.34	0.5762
B-Sıcaklık	1	18.13	6.20	0.0344*
AB	1	61.56	21.05	0.0013**
Kalıntı Model	9	26.32		
Uyumsuzluğu	5	10.72	0.55	0.7374
Saf hata	4	15.60		
Toplam	12	107.00		

Model	R ²	R ² dzl	Pred-R ²	CV%	PRESS	Yeterli kesinlik
2FI	0.7540	0.6720	0.4594	2.07	57.85	11.446

İşlem değişkenlerinin elde edilen mikroenkapsülasyon etkinliği üzerindeki etkilerinin gözlemlenebilmesi için elde edilen model kullanılarak yanıt yüzey grafikleri oluşturulmuş ve bu grafikler Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Kaplama materyali oranının ve giriş sıcaklığının azalmasının mikroenkapsülasyon etkinliğini arttırdığı görülürken bu interaksiyon istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek mikroenkapsülasyon etkinliğinin elde edilmesini sağlayan optimum püskürterek kurutma koşulları; %20 kaplama materyali oranı, 140°C giriş sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Bu yöntem ve koşullarda üretilecek ürünün mikroenkapsülasyon etkinliği ise program tarafından %87.5 olarak belirlenmiştir. Jansen-Alves vd. (2019) tarafından propolis ekstraktının %2, 4 ve 6 oranlarında (ağırlık/hacim) bezelye proteini kullanılarak enkapsüle edildiği çalışmada toplam fenolik madde üzerinden en iyi enkapsülasyon etkinliğinin %2 oranda bezelye proteini kullanılmasıyla elde edildiği belirlenmiştir. Tez kapsamında kullanılan bezelye proteini miktarlarının da hacimsel olarak %1.6, 2.4 ve 4 olduğu göz önünde bulundurulduğunda sonuçların paralellik gösterdiğini söylemek mümkündür. Araştırmacılar konsantrasyon artışıyla enkapsülasyon veriminin azalmasını; yüksek konsantrasyonlarda protein kullanılması, mikropartiküllerin atomizerin duvarlarına yapışmasına neden olarak sprey kurutmanın içinde bir film oluşturması sonucu mikropartiküllerin sıcak hava ile maruz kalma süresinin artması ile ilişkilendirmişlerdir. Nitekim tezin bir önceki bölümünde bezelye proteini oranının artmasıyla ürün veriminin de azaldığından bahsedilmiştir. Pancar ekstraktının bezelye proteini kullanılarak enkapsüle edildiği çalışma sonucunda püskürterek kurutma sıcaklığının artmasıyla (125°C’den 150°C’ye) sıcaklığa bağlı fenolik madde degradasyonu ile enkapsülasyon etkinliğinin azaldığı bildirilmiştir (García-Segovia vd. 2021).



Şekil 4.2. Giriş sıcaklığı ve kaplama materyali (bezelye proteini) oranının mikroenkapsülasyon etkinliği üzerine etkisinin yüzey fonksiyonları

4.4.2. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanıldığında optimum koşulların belirlenmesi

Püskürterek kurutma işleminde, kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanıldığında mikroenkapsülasyon etkinliğine ait elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde mikroenkapsülasyon etkinliği değerlerinin %87.32-94.92 arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.11. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanıldığında mikroenkapsülasyon etkinlikleri

No	Kaplama Materyali (%)	Sıcaklık (°C)	Mikroenkapsülasyon Etkinliği (%)
1	35.00	160	94.70
2	56.21	160	94.92
3	50.00	140	94.35
4	35.00	160	93.63
5	35.00	188	91.80
6	20.00	180	90.62
7	20.00	140	89.97
8	35.00	132	92.14
9	35.00	160	92.97
10	35.00	160	92.99
11	13.79	160	87.33
12	35.00	160	93.44
13	50.00	180	93.76

Çizelge 4.12’de mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geliştirilen modelin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0.01$), model uyumsuzluğunun ise

önemsiz olduğu ($p>0.05$) görülmektedir. Önerilen model denkleminin R^2 ve $R^2_{döl}$ değerleri sırasıyla 0.9260 ve 0.8732 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde kaplama materyali oranının, istatistiksel olarak önemli derecede ($p<0.01$) etkili olduğu görülmektedir. Mikroenkapsülasyon etkinliği değeri için regresyon analizi sonucunda elde edilen model, gerçek değişkenler cinsinden Eşitlik 4.6'da verilmiştir.

$$\text{Mikroenkapsülasyon Etkinliği (\%)} = 36,76 + 0,65 \times \% \text{Kaplama Materyali} + 0,54 \times \text{Giriş Sıcaklığı} - 1,04 \times 10^{-3} \times \text{Kaplama Materyali} \times \text{Giriş Sıcaklığı} - 4,69 \times 10^{-3} \times \text{Kaplama Materyali}^2 - 1,58 \times 10^{-3} \times \text{Giriş Sıcaklığı}^2 \quad \text{Eşitlik 4.6}$$

Çizelge 4.12. Mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve püskürterek kurutmanın mikroenkapsülasyon etkinliği için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
Model	5	51.47	17.53	0.0008**
A-Kaplama Materyali Oranı	1	41.61	70.85	0.0001**
B-Sıcaklık	1	0.023	0.040	0.8477
AB	1	0.39	0.66	0.4425
A ²	1	7.73	13.17	0.0084**
B ²	1	2.76	4.70	0.0667
Kalıntı	7	4.11		
Model Uyumsuzluğu	3	2.12	1.43	0.3592
Saf hata	4	1.99		
Toplam	12	55.58		

Model	R ²	R ² _{döl}	Pred-R ²	CV%	PRESS	Yeterli kesinlik
Quadratic	0.9260	0.8732	0.6723	0.83	18.21	12.390

Yapılan optimizasyon sonucunda mikroenkapsülasyon etkinliğinin en yüksek elde edilmesini sağlayacak püskürterek kurutma koşullarının; %50 kaplama materyali oranı, 154°C giriş sıcaklığı olduğu ve bu koşullardaki bir üretimde mikroenkapsülasyon etkinliği %94 olacağı belirlenmiştir. Ricci vd. (2022) tarafından kırmızı şarap atıklarından ekstrakte edilen fenolik maddelerin maltodekstrin kullanılarak enkapsülasyonunun araştırıldığı çalışma sonucunda enkapsülasyon verimliliğinin %90.8-100 arasında olduğu ve verimlilik üzerine hem maltodekstrin konsantrasyonunun hem de püskürterek kurutma giriş sıcaklığının önemli etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Benzer şekilde nar kabuğu fenoliklerinin maltodekstrin ile enkapsüle edildiği çalışma sonucunda da maltodekstrin oranı ve kurutma sıcaklığının mikroenkapsülasyon etkinliği üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Çam vd. 2014). Çilek vd. (2012) ise vişne posası fenoliklerini enkapsüle ettikleri çalışma sonucunda maltodekstrin konsantrasyonunun %10'dan %20'ye artmasıyla yüzey fenolik madde miktarının %13.60'dan %6.45'e azaldığını (mikroenkapsülasyon etkinliğinin arttığını) ve

konsantrasyonun artmasıyla fenoliklerin etrafında daha iyi bir film oluşturulduğunu bildirmişlerdir.

4.4.3. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak arap zamkı kullanıldığında optimum koşulların belirlenmesi

Püskürterek kurutma işleminde, kaplama materyali olarak arabik gam kullanıldığında optimum işlem parametreleri 13 koşulda gerçekleştirilen deneme desenine göre, en yüksek mikroenkapsülasyon etkinliğinin elde edilmesine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde mikroenkapsülasyon etkinliği değerlerinin %95.26-98.68 arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.13. Püskürterek kurutmada kaplama materyali olarak arap zamkı kullanıldığında mikroenkapsülasyon etkinlikleri

No	Kaplama Materyali (%)	Sıcaklık (°C)	Mikroenkapsülasyon Etkinliği (%)
1	35.00	160	96.87
2	56.21	160	97.66
3	50.00	140	97.56
4	35.00	160	98.08
5	35.00	188	97.68
6	20.00	180	96.94
7	20.00	140	96.94
8	35.00	132	97.29
9	35.00	160	97.82
10	35.00	160	98.01
11	13.79	160	95.26
12	35.00	160	97.00
13	50.00	180	98.68

Çizelge 4.14’de mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geliştirilen modelin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.05$), model uyumsuzluğunun ise önemsiz olduğu ($p>0.05$) görülmektedir. Önerilen model denkleminin R^2 ve R^2_{dzt} değerleri sırasıyla 0.5427 ve 0.4512 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde kaplama materyali oranının, istatistiksel olarak önemli derecede ($p<0.01$) etkili olduğu görülmektedir. Mikroenkapsülasyon etkinliği değeri için regresyon analizi sonucunda elde edilen model, gerçek değişkenler cinsinden Eşitlik 4.7’de verilmiştir.

$$\text{Mikroenkapsülasyon Etkinliği (\%)} = 94,016 + 0,048 \times \text{Kaplama Materyali} + 0,010 \times \text{Sıcaklık}$$

Eşitlik 4.7

Çizelge 4.14. Mikroenkapsülasyon etkinliği üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve püskürterek kurutmanın mikroenkapsülasyon etkinliği için model uygunluğunun test edilebilmesi için kullanılan istatistiksel değerler

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	F değeri	p değeri
Model	2	4.49	5.93	0.0200*
A-Kaplama Materyali Oranı	1	4.14	10.94	0.0079**
B-Sıcaklık	1	0.35	0.93	0.3577
Kalıntı	10	3.79		
Model Uyumsuzluğu	6	2.45	1.22	0.4428
Saf hata	4	1.34		
Toplam	12	8.28		

Model	R ²	R ² dzl	Pred-R ²	CV%	PRESS	Yeterli kesinlik
Quadratic	0.5427	0.4512	0.1793	0.63	6.80	6.884

Yapılan optimizasyon sonucunda mikroenkapsülasyon etkinliğinin en yüksek elde edilmesini sağlayacak püskürterek kurutma koşullarının %50 kaplama materyali oranı, 180°C giriş sıcaklığı olarak belirlenmiş olup teorik olarak bu koşullarda yapılacak bir üretimde mikroenkapsülasyon etkinliğinin %98 olacağı belirlenmiştir.

4.4.4. Püskürterek kurutma optimizasyon sonuçlarının doğrulanması

Tezin bundan önceki 4.3.1, 4.3.2 ve 4.3.3 nolu başlıkları altında 3 farklı kaplama materyali için yapılan püskürterek kurutma yönteminde mikroenkapsülasyon etkinliğinin (%) en yüksek değerinin belirlenebilmesi için yapılan optimizasyonun deneysel veriler verilmiştir. Tezin bu bölümü ise programın vermiş olduğu optimum işlem şartlarının tahminlenen bağımlı değişkenlere ait değerleri ile bu değerlerin deneysel olarak doğrulanmasına ilişkin sonuçları içermektedir. Bu doğrultuda programdan elde edilen tahminlenen değerler ile deneysel olarak elde edilen değerlerin hata payı aşağıda verilen Eşitlik 4.8 kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.15’de verilmiştir.

$$\text{Hata (\%)} = ((|d_{\text{deneysel}} - d_{\text{tahminlenen}}|) / d_{\text{deneysel}}) \times 100 \quad \text{Eşitlik 4.8}$$

Desing Expert Paket programı tarafından belirlenen optimum şartların uygulanabilirliğinde tahminlenen ile deneysel değerler arasındaki sapmanın (hatanın) büyüklüğünün önem taşıdığı bilinmektedir. Farklı taşıyıcı materyaller için yapılan optimizasyon işleminde mikroenkapsülasyon etkinliği için tahminlenen değerler bezelye proteini, maltodekstrin ve arabik gam için sırasıyla %87, 94 ve 98 iken bu koşulların doğrulamasında mikroenkapsülasyon etkinliği sırasıyla %72, 90 ve 97 olarak bulunmuştur. Bu doğrultuda programdan elde edilen tahminlenen değerler ile deneysel olarak elde edilen değerlerin hata payları irdelendiğinde maltodekstrin ve arap zıncı için kabul edilebilir, bezelye proteini için biraz yüksek olduğu (>15) söylenebilir.

Çizelge 4.15. Optimum koşullarda püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüllerinin mikrokapsülasyon etkinliğine ilişkin tahminlenen ve deneysel değerleri

Mikrokapsül Çeşidi	Tahmin Edilen	Deneysel	Hata (%)
BP	87	72	16
MD	94	90	4
AG	98	97	1

Desing Expert Paket programı tarafından farklı taşıyıcılarla ayrı ayrı yapılan püskürterek kurutma optimizasyonunda en yüksek mikrokapsülasyon etkinliğinin elde edilmesini sağlayan optimum püskürterek kurutma koşulları bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıncı için sırasıyla; %20 kaplama materyali oranı-140°C giriş sıcaklığı, %50 kaplama materyali oranı-154°C giriş sıcaklığı, %50 kaplama materyali oranı-180°C giriş sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde bezelye proteini için giriş sıcaklığı ile giriş sıcaklığının kaplama materyali oranının interaksyonunun, maltodekstrin ve arabik gum için ise sadece kaplama materyali oranının istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca film oluşturma özelliğinin üstün olduğu bildirilen (Mirzaei vd. 2020) arap zıncının diğer taşıyıcılara göre daha iyi antioksidan madde enkapsüle etme özelliğinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerin bazı fiziksel özellikleri analiz edilerek aşağıdaki bölümde tartışılmıştır.

4.5. Optimum Koşullarda Üretilen Mikrokapsüllerin ve Dondurarak Kurutma Yöntemiyle Elde Edilen Fındık Zarı Tozunun Karakterizasyonu

Toz ürünlerin depolanması ve paketlenmesi için yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri bilinmesi gereken temel özelliklerdendir. Boşluklar arasındaki havanın artması nedeniyle daha düşük kitle yoğunluğuna sahip tozlarda oksidasyon hızlanmakta ve depolama stabilitesi azalmaktadır (Pashazadeh vd. 2021). Sıkıştırılmış yoğun yoğunluğu ise özellikle materyalin ambalaj içerisindeki kaplayacağı hacmin bilinmesi açısından oldukça önemlidir (Mahdi vd. 2020). Bu iki değer bir fonksiyonu olan Carr indeks ise akışkanlığın iyi bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bir tozun akışkanlığı, Carr indeks değeri 15'den küçükse çok iyi, 15 ile 20 arasındaysa iyi, 20 ile 35 arasındaysa zayıf, 35 ile 45 arasındaysa kötü, 45'in üzerindeyse çok kötü olarak kabul edilmektedir (Carr 1965). Optimum koşullarda püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle üretilen tozların yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve akabilirlik değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde örneklerin yığın yoğunluğu değerlerinin 145.04-369.43 kg/m³; sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin 193.55-419.63 kg/m³ ve akabilirlik değerlerinin ise 11.97-24.99 arasında olduğu görülmektedir. Püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen süt tozu (Nguyen vd. 2018) ve bal tozunun (Samborska vd. 2015) yığın yoğunluğu değerleri 359 kg/m³ ve 310 kg/m³ olarak bulunmuştur. Caliskan ve Dirim (2016) dondurarak kurutulmuş sumak ekstraktı tozunun yığın yoğunluğu değerini 267 kg/m³ olarak belirlerken, Torun (2008) dondurarak kurutulmuş adaçayı, dağçayı, ihlamur ve kekik tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinin sırasıyla 87

kg/m³, 55 kg/m³, 61 kg/m³ ve 88 kg/m³ olduğunu bildirmiştir. Elde edilen sonuçların literatürle kısmen uyumlu olduğu, aradaki farklılıkların kurutma şartları, kaplama materyalleri ve konsantrasyonlarındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde en düşük yığın yoğunluğu değerine dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozunun (145.04 kg/m³), en yüksek yığın yoğunluğu değerine ise maltodekstrin kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin (369.43 kg/m³) sahip olduğu görülmektedir. Bezelye proteini (255 kg/m³) ve arap zıkkı (268 kg/m³) kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin yığın yoğunluğu değerlerinin ise birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş ürünlerde ürünün süblimasyonuna bağlı olarak meydana gelen yapısal boşluklar yığın yoğunluğu değerinin küçük olmasına neden olmaktadır (Torun 2008). Mahdi vd. (2020) daha yüksek yığın yoğunluğuna sahip püskürtürek kurutulmuş tozların hücrel boşluklardaki havanın daha az olmasından dolayı oksidatif stabilitelerinin daha yüksek olacağını belirtmiştir.

Bir tozun akışkanlığı, serbest akış özelliğinin bir ölçüsü olup dolum, boşaltma, paketleme, taşıma, depolama ve dozajlama işlemleri için önemlidir. Sonuçlar incelendiğinde kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanılarak elde edilen mikropartiküllerin Carr indeksine göre çok iyi, diğer örneklerin ise zayıf bir akış karakterine sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.16. Optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerleri

Örnek Adı	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Akabilirlik (Carr Index)
Optimum BP Mikrokapsül	255.05±4.62 ^b	327.24±7.17 ^c	22.02± 1.52 ^a
Optimum MD Mikrokapsül	369.43±5.51 ^a	419.63±0.78 ^a	11.97±1.16 ^b
Optimum AZ Mikrokapsül	268.50±4.82 ^b	357.77±0.28 ^b	24.95±1.37 ^a
DK	145.04±1.38 ^c	193.35±0.06 ^d	24.99±0.73 ^a

*Aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların birbirlerinden istatistiki olarak farklı olduğunu ifade etmektedir. BP: Bezelye proteini, MD: Maltodekstrin, AZ: Arap zıkkı, DK: Dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstaktı tozu

Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve akabilirlik değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak oldukça önemli ($p<0.01$) olup sonuçlara ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluğu ve akabilirlik sonuçlarına ait varyans analiz tablosu

Özellik	Varyasyon	SD	KO	F
Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Toz	3	25285.31	438.41 ^{**}
	Hata	8	57.67	

Devamı arkada

Çizelge 4.17'nin devamı

Özellik	Varyasyon	SD	KO	F
Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Toz	3	27363.03	700.72**
	Hata	8	39.05	
Akabilirlik	Toz	3	114.13	25.10**
	Hata	8	4.55	

**p<0.01 seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.

Toz ürünlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, akabilirlik ve çözünürlük özellikleri üzerine etkisi olan partikül boyutu aynı zamanda gıda matriksine katıldığına pürüzlülük ile tekstürü etkileyeceğinden oldukça önemli bir özellik olarak görülmektedir (da Rosa et al. 2019). Püskürterek kurutma yöntemiyle optimum noktalarda bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zamkı kullanılarak üretilen mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı ekstraktı tozunun partikül ölçümüne ilişkin hacim ağırlıklı partikül çapı ($D_{[4,3]}$), açıklık, d_{10} , d_{50} ve d_{90} değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.18'de verilmiş, dağılım grafikleri ise Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Örneklerin $D_{[4,3]}$, açıklık, d_{10} , d_{50} ve d_{90} değerlerinin sırasıyla 12.25-53.75 μm , 1.89-2.65, 0.83-15.52 μm , 9.33-45.36 μm ve 19.38-101.15 μm arasında bulunmuştur. Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozlarının ortalama partikül çapları püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilenlere göre oldukça yüksek bulunmuş olup, bezelye proteini ve maltodekstrin kullanılarak elde edilen örneklerin ortalama boyutları (d_{50}) 10 μm 'nin altında tespit edilmiştir. Arap zamkı kullanılarak elde edilen partiküllerin ortalama boyutlarının istatistiksel olarak önemli derecede diğerlerinden daha büyük olmasının nedeninin arap zamkı ile elde edilen çözeltinin viskozitesinin diğerlerinden daha yüksek olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Abrahão vd. (2019) püskürterek kurutmada taşıyıcı olarak arap zamkı kullanımının besleme çözeltisinin viskozitesini arttırdığını, bu durumun da atomize edilen parçacıkların daha büyük olmasına ve elde edilen tozların partikül boyutlarının artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen deve sütü (Ho vd. 2019), çilek aroması (Pellicer vd. 2019) ve kekik ekstraktı (Alvarenga Botrel vd. 2012) tozlarının d_{10} değerlerinin sırasıyla 3.34 μm , 7.22 μm ve 10.30 olarak belirlendiği literatürde rapor edilmiştir. Partikül boyutları püskürterek kurutma koşulları, taşıyıcı madde tipi ve konsantrasyonu ile değişebileceği göz önünde bulundurulmakla birlikte tez kapsamında elde edilen sonuçların literatürle uyumlu olduğunu söylemek mümkündür. Parçacık açıklığı (span), parçacık boyutu dağılımının homojenliği ile doğrudan ilişkili olup daha düşük değerler daha homojen bir dağılımı göstermektedir (Kuck ve Noreña 2016). Bu anlamda maltodekstrin ile üretilen mikrokapsüller ve dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozunun 2'nin altında bulunan açıklık değerlerine göre iyi bir homojenliğe sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.18. Optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozunun partikül boyutu değerleri

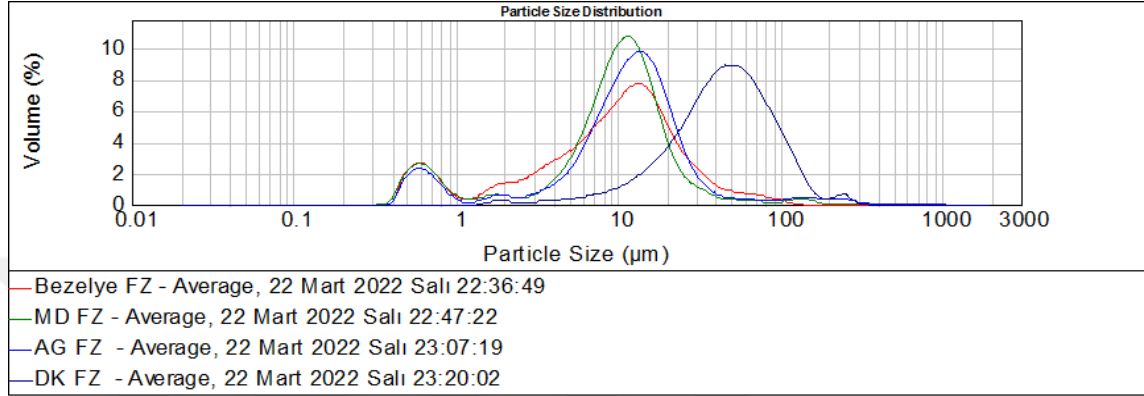
Örnek Adı	$D_{[4,3]}$	Açıklık	d_{10}	d_{50}	d_{90}
Optimum BP Mikrokapsül	13.47±0.20 ^c	2.65±0.03 ^a	0.83±0.05 ^c	9.95±0.06 ^c	27.19±0.35 ^b

Devamı arkada

Çizelge 4.18'in devamı

Örnek Adı	D _[4,3]	Açıklık	d ₁₀	d ₅₀	d ₉₀
Optimum MD Mikrokapsül	12.25±0.76 ^c	1.96±0.05 ^c	0.83±0.00 ^c	9.33±0.47 ^c	19.38±1.08 ^c
Optimum AZ Mikrokapsül	20.08±0.28 ^b	2.11±0.01 ^b	1.61±0.04 ^b	11.61±0.18 ^b	26.14±0.26 ^b
DK	53.75±0.50 ^a	1.89±0.02 ^c	15.52±0.03 ^a	45.36±0.09 ^a	101.15±0.56 ^a

^{**}p<0.01 seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması.



Şekil 4.3. Örneklerin partikül dağılım grafiği

Partikül boyutu değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak oldukça önemli ($p<0.01$) bulunmuş olup sonuçlara ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Partikül boyutu sonuçlarına ait varyans analiz tablosu

Özellik	Varyasyon	SD	KO	F
D _[4,3]	Toz	3	764.41	1606.16 ^{**}
	Hata	4	0.48	
Açıklık	Toz	3	0.24	136.20 ^{**}
	Hata	4	0.01	
d ₁₀	Toz	3	104.33	45325.7 ^{**}
	Hata	4	0.01	
d ₅₀	Toz	3	616.42	4717.76 ^{**}
	Hata	4	0.13	
d ₉₀	Toz	3	2981.84	3544.64 ^{**}
	Hata	4	0.84	

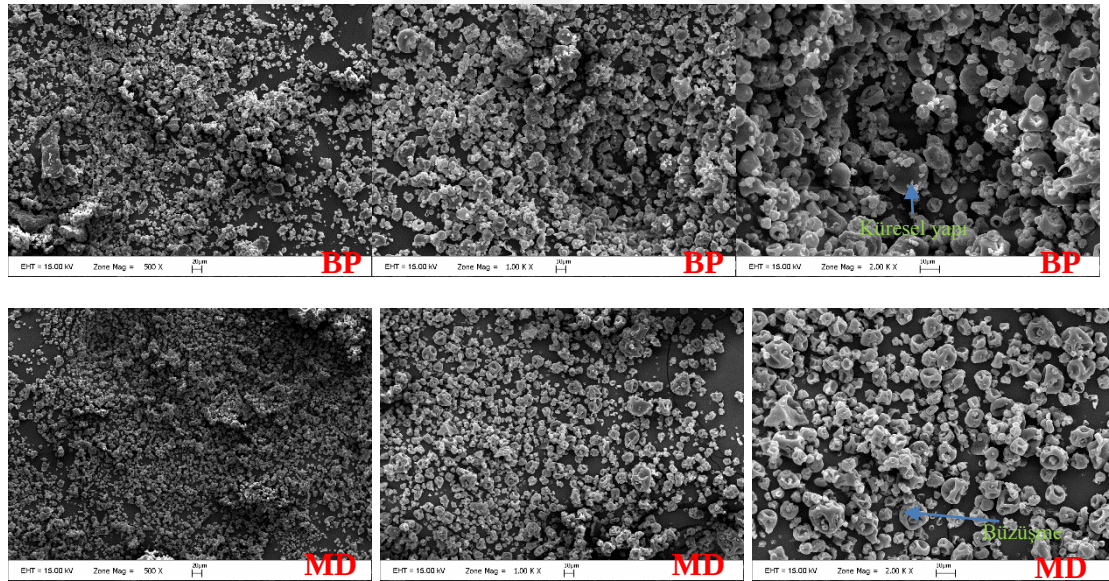
^{**}p<0.01 seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tez kapsamında püskürterek kurutma yöntemiyle optimum şartlarda üretilen mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozunun taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri alınarak, elde edilen ürünlerin morfolojisi açıklanmaya çalışılmıştır. Şekil 4.7'de mikrokapsüller 500x, 1000x ve 2000x oranlarında, dondurarak kurutulmuş tozlar ise 200x, 1000x ve 2000x oranlarında büyütülerek alınan SEM görüntüleri gösterilmiştir. Görüntüler incelendiğinde dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen tozların şekillerinin püskürterek kurutma

yöntemiyle üretilen mikrokapsüllere göre düzensiz, gözenekli, süngerimsi ve kırık katmanlı bir yapıda olduğu görülmektedir. Dondurarak kurutma işlemi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde bu teknik ile elde edilen tozların yapısının şekilsiz, cam ya da talaş benzeri olarak nitelendirildiği görülmüştür (Ballesteros vd. 2017; Pellicer vd. 2019). Ayrıca kurutulmuş parçacıkların yapısındaki çatlak ve kırıklıkların toz akış kabiliyetini ve çözünürlüğü olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Kaushik ve Roos 2007).

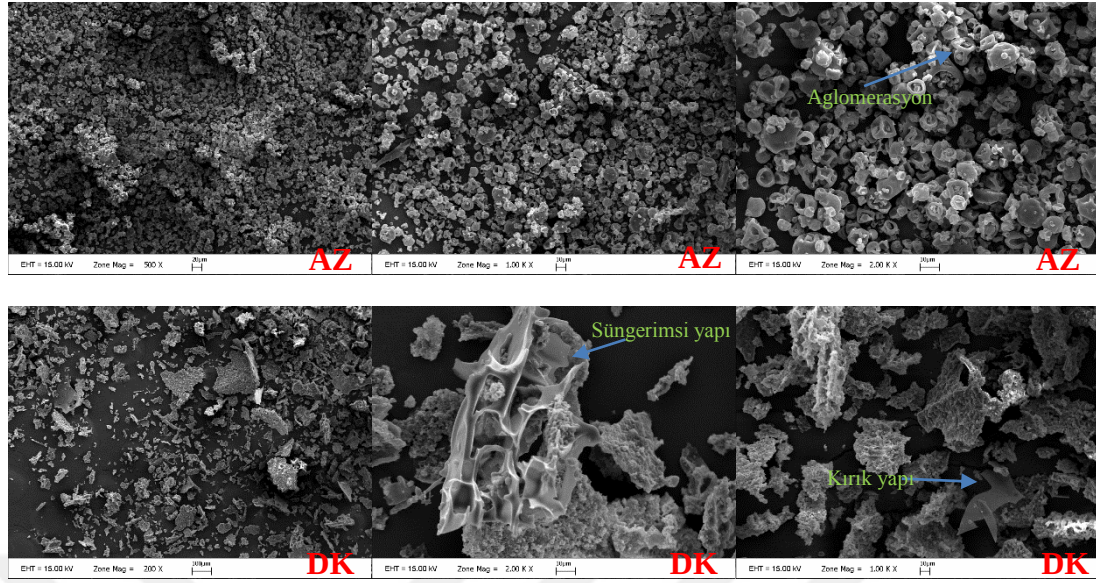
Püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllerin görüntüleri incelendiğinde ise daha küçük, küreselliğe yakın ve homojen partiküller oldukları görülmektedir. Püskürterek kurutma yönteminin kullanılması ile yüksek büzüşmeye sahip, içi boş, küresel şekilli mikro partiküllerin üretilbildiği bildirilmektedir (Abrahão vd. 2019). Özellikle maltodekstrin ve arap zambı ile elde edilen mikrokapsüllerde büzüşmelerin fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca arap zambı ve bezelye proteini içeren mikrokapsüllerdeki aglomere ve topak yapı dikkat çekmiştir. Nitekim partikül boyutu sonuçları incelendiğinde de topaklanmaya bağlı arap zambı ve maltodekstrin ile üretilen mikrokapsüllerin boyutlarının maltodekstrine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tozların morfolojik özelliklerindeki ve diğer özelliklerindeki farklılıklar taşıyıcılardan kaynaklanabileceği gibi, kullanılan taşıyıcı madde konsantrasyonu ve püskürterek kurutma sıcaklığı da bu farklılıkların oluşmasına neden olan değişkenlerdir.



Şekil 4.4. Örneklerin SEM görüntüleri (BP: Bezelye proteini, MD: Maltodekstrin, AZ: Arap zambı, DK: Dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstaktı tozu)

Devamı arkada



Şekil 4.4'ün devamı

4.6. Mikrokapsüle ve Dondurarak Kurutulmuş Fındık Zarının Mayonezde Doğal Antioksidan Olarak Kullanımı

4.6.1. Ön deneme sonuçları

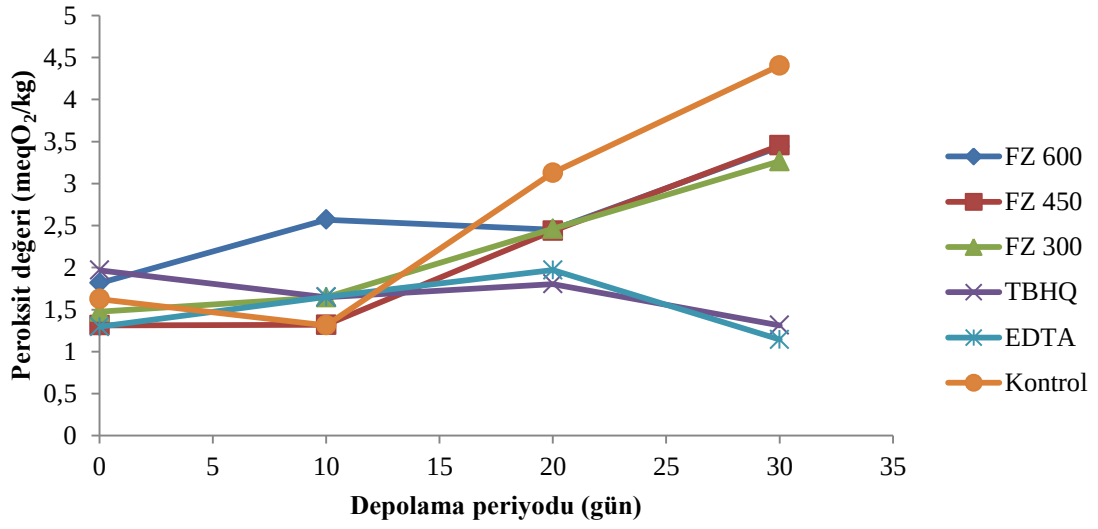
Emülsiyonların kimyasal kararsızlığı üzerindeki en önemli araştırmalar doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu üzerine olmaktadır. Tüm yüksek yağ içeriğine sahip gıdalar gibi mayonezde de doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu bozulmalar meydana gelmektedir. Yağların oksidasyonunda ilk olarak doymamış yağ asitleri veya türevlerinin oksidasyonu sonucu birincil oksidasyon ürünü olan hidroperoksitler ve ardından ikincil oksidasyon ürünleri olan aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler vb. maddeler oluşmaktadır. Lipid oksidasyonu sonrasında mayonezde toksik bileşenlerin oluşumu ile birlikte kötü koku ve istenmeyen lezzet meydana gelerek ürünün raf ömrü azalmaktadır (Wai vd. 2009; Ghorbani Gorji vd. 2016). Yağlarda meydana gelen oksidasyon, birincil oksidasyon ürünlerinin miktarını veren peroksit değeri ve ikincil oksidasyon ürünlerinin miktarını veren p-anisidin değerleri üzerinden izlenebilmektedir. Fındık zarı ekstraktının hangi miktarlarda mayonezde antioksidan olarak görev yapabileceği yapılan bir ön deneme ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktları toz formda 300 ppm, 450 ppm ve 600 ppm olarak mayoneze katılmış ve örnekler 1 ay süre ile 3 farklı sıcaklıkta depolanmıştır. Depolama başlangıcı ile birlikte, depolamanın 10., 20. ve 30. günlerinde yapılan peroksit değeri sonuçları Çizelge 4.20'de, verilmiştir. Ayrıca her bir sıcaklık için ayrı ayrı depolama süresine bağlı peroksit sonuçlarının değişimi Şekil 4.8-4.10'da gösterilmiştir. Depolama süresi sonundaki peroksit değeri sonuçları incelendiğinde 4°C'de depolanan örneklerin 1.14-4.40 meq O₂/kg arasında, 25°C'de depolanan örneklerin 4.90-13.75 meq O₂/kg arasında ve 45°C'de depolanan örneklerin ise 12.39-44.60 meq O₂/kg arasında olduğu görülmektedir. Tüm depolama sıcaklıklarında 30. gün sonunda en fazla peroksit değeri kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı peroksit değerleri (meq O₂/kg)

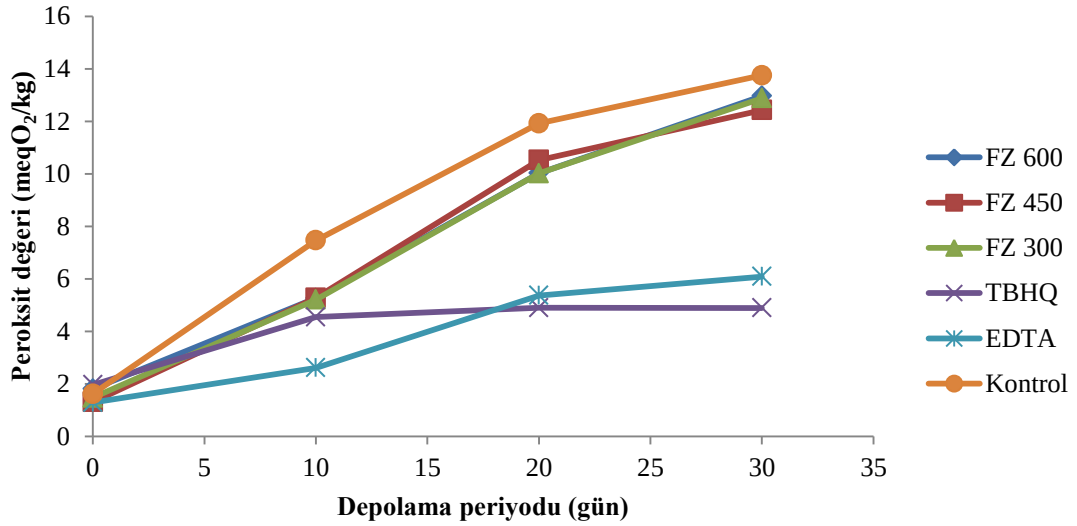
	Mayonez	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün
4°C	FZ 600	1.82±0.18 ^{a, C}	2.57±0.00 ^{a, B}	2.45±0.17 ^{a, B}	3.44±0.17 ^{ab, A}
	FZ 450	1.31±0.66 ^{a, B}	1.32±0.01 ^{a, B}	2.44±0.49 ^{a, AB}	3.45±0.15 ^{ab, A}
	FZ 300	1.48±0.51 ^{a, B}	1.65±0.32 ^{a, B}	2.46±0.52 ^{a, AB}	3.26±0.02 ^{ab, A}
	TBHQ	1.97±0.01 ^{a, A}	1.65±0.10 ^{a, A}	1.80±0.17 ^{a, A}	1.31±0.65 ^{b, A}
	EDTA	1.30±0.00 ^{a, AB}	1.65±0.33 ^{a, AB}	1.97±0.01 ^{a, A}	1.14±0.16 ^{b, B}
	Kontrol	1.63±0.00 ^{a, AB}	1.31±0.02 ^{a, B}	3.13±0.51 ^{a, AB}	4.40±1.44 ^{a, A}
25°C	FZ 600	1.82±0.18 ^{a, D}	5.27±0.34 ^{ab, C}	10.03±0.56 ^{a, B}	12.97±1.32 ^{a, A}
	FZ 450	1.31±0.66 ^{a, C}	5.28±0.65 ^{ab, B}	10.53±0.58 ^{a, A}	12.43±0.67 ^{a, A}
	FZ 300	1.48±0.51 ^{a, C}	5.21±0.32 ^{ab, B}	10.02±1.37 ^{a, A}	12.88±1.17 ^{a, A}
	TBHQ	1.97±0.01 ^{a, B}	4.55±0.01 ^{b, A}	4.90±0.35 ^{b, A}	4.90±0.34 ^{b, A}
	EDTA	1.30±0.00 ^{a, B}	2.62±0.97 ^{b, B}	5.37±0.46 ^{b, A}	6.09±0.55 ^{b, A}
	Kontrol	1.63±0.00 ^{a, C}	7.47±1.30 ^{a, B}	11.92±0.71 ^{a, A}	13.75±0.67 ^{a, A}
45°C	FZ 600	1.82±0.18 ^{a, D}	12.34±0.01 ^{a, C}	21.78±2.07 ^{a, B}	30.34±2.10 ^{b, A}
	FZ 450	1.31±0.66 ^{a, C}	13.41±0.38 ^{a, B}	22.18±2.87 ^{a, A}	26.71±0.85 ^{bc, A}
	FZ 300	1.48±0.51 ^{a, C}	12.75±0.48 ^{a, B}	21.78±3.53 ^{a, A}	27.64±1.53 ^{bc, A}
	TBHQ	1.97±0.01 ^{a, D}	10.44±1.23 ^{a, C}	16.05±0.06 ^{ab, B}	21.37±1.44 ^{c, A}
	EDTA	1.30±0.00 ^{a, C}	6.24±0.98 ^{b, B}	12.48±1.31 ^{b, A}	12.39±0.54 ^{d, A}
	Kontrol	1.63±0.00 ^{a, D}	12.43±1.21 ^{a, C}	23.61±1.87 ^{a, B}	44.60±2.97 ^{a, A}

a, b, c, ... Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0.05). A, B, C, ... Aynı satırdaki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0.05). FZ600: 600 ppm fındık zarı eklenen mayonez, FZ450: 450 ppm fındık zarı eklenen mayonez, FZ300: 300 ppm fındık zarı eklenen mayonez.

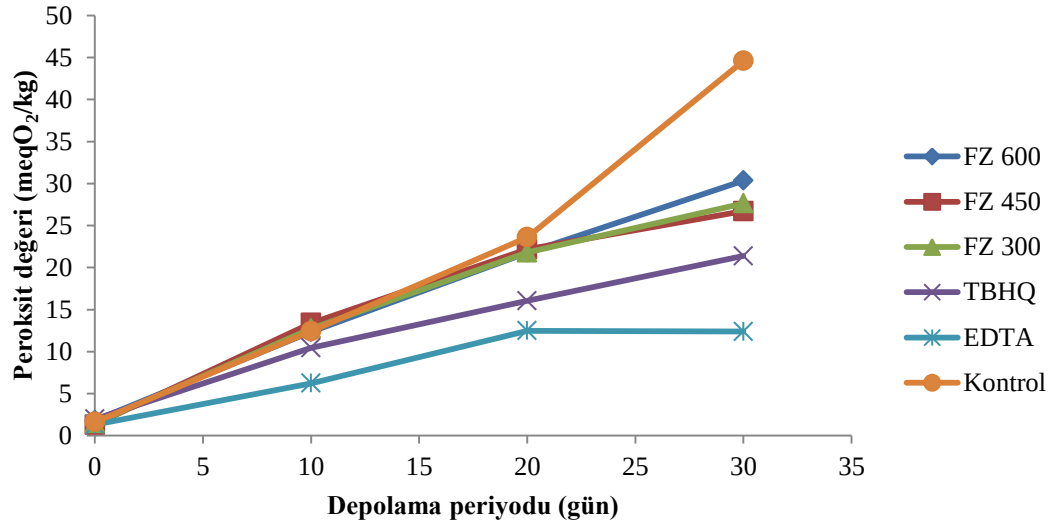
Şekil 4.8 ve Şekil 4.10 incelendiğinde 4 ve 45°C’lerde depolanan kontrol örneklerinin 20. günden sonra diğer mayonezlerden peroksit değeri açısından istatistik olarak önemli derecede ($p<0.05$) ayrıldığı, fındık zarı katkılı mayonezlerin 3 konsantrasyonun da depolama süresi sonunda kontrol örneğine göre peroksit oluşumunu azalttığı görülmektedir. 25°C’de de depolama süresi sonunda kontrol örneğinin peroksit değerinin en yüksek olduğu görülse de, fındık zarı eklenen mayonezlerin peroksit değerleri arasında farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.5. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen ve 4 °C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerleri değişimi



Şekil 4.6. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen ve 25 °C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerleri değişimi



Şekil 4.7. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen ve 45 °C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerleri değişimi

Çizelge 4.21’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre değişkenlerin (mayonez, depolama sıcaklığı ve depolama süresi) ve bu değişkenlerin interaksiyonlarının hepsinin peroksit değerleri üzerinde istatistiki açıdan oldukça önemli ($p < 0.01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin peroksit değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Mayonez (M)	5	115.46	58.54 ^{**}
Depolama Sıcaklığı (DS ₁)	2	2031.29	1029.82 ^{**}
MxDS ₁	10	30.60	15.51 ^{**}
Depolama Süresi (DS _ü)	3	966.28	489.88 ^{**}
MxDS _ü	15	29.27	14.84 ^{**}
DSxDS _ü	6	341.59	173.18 ^{**}
MxDS ₁ xDS _ü	30	11.94	6.05 ^{**}
Hata	72	1.97	

^{**} $p < 0.01$ seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir.

Mayonez örneklerinin p-anisidin değerlerine ait veriler Çizelge 4.22’de verilmiş olup, depolama süresi sonunda 4°C’de depolanan örneklerin p-anisidin değerleri 5.96-9.10 mmol/kg arasında, 25°C’de depolananların 6.68-8.34 mmol/kg arasında ve 45°C’de depolananların ise 9.06-17.58 mmol/kg arasında bulunmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde p-anisidin değerleri açısından depolama başlangıcına göre 30 gün sonunda önemli değişimin 45°C’de depolanan örneklerde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 4°C’de ve 25°C’de depolanan TBHQ ve EDTA eklenmiş mayonezlerin depolama süresi

sonundaki p-anisin değerleri diğer örnekler göre daha yüksek bulunmuş olsa da, başlangıca göre değişim göz önüne alındığında örnekler arasındaki farklılığın karşılaştırma açısından yeterli olmadığı düşünülmektedir. Ancak bu farklılık hızlandırılmış depolama testi olarak da kabul edebileceğimiz sıcaklık koşulu olan 45°C’de daha net bir şekilde ortaya çıkmış olup, depolama süresi sonunda kontrol örneğinin p-anisidin değerleri diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Farklı miktarlarda dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı p-anisidin değerleri (mmol/kg)

	Mayonez	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün
4°C	FZ 600	4.68±0.90 ^{c, A}	5.96±0.02 ^{b, A}	5.36±0.15 ^{c, A}	6.43±0.02 ^{c, A}
	FZ 450	5.65±0.01 ^{bc, AB}	5.78±0.28 ^{bc, A}	5.37±0.43 ^{c, B}	6.48±0.08 ^{c, A}
	FZ 300	5.04±0.09 ^{c, B}	5.03 ±0.00 ^{c, B}	5.40±0.13 ^{c, B}	5.96±0.14 ^{c, A}
	TBHQ	7.56±0.00 ^{a, B}	7.44±0.19 ^{a, B}	7.54±0.12 ^{ab, B}	8.56±0.32 ^{a, A}
	EDTA	7.74±0.03 ^{a, B}	7.92±0.18 ^{a, B}	7.78±0.07 ^{a, B}	9.10± 0.16 ^{a, A}
	Kontrol	6.90±0.00 ^{ab, AB}	5.90±0.47 ^{bc, B}	6.75±0.37 ^{b, AB}	7.60±0.02 ^{b, A}
25°C	FZ 600	4.68±0.90 ^{c, A}	5.88±0.28 ^{c, A}	6.34±0.25 ^{b, A}	6.68± 0.20 ^{b, A}
	FZ 450	5.65±0.01 ^{bc, B}	5.55±0.30 ^{c, B}	6.25±0.47 ^{b, AB}	6.98±0.26 ^{b, A}
	FZ 300	5.04±0.09 ^{c, B}	5.57±0.07 ^{c, B}	7.15±0.46 ^{ab, A}	6.68±0.05 ^{b, A}
	TBHQ	7.56±0.00 ^{a, AB}	7.01±0.41 ^{ab, B}	7.94±0.09 ^{a, AB}	8.34±0.31 ^{a, A}
	EDTA	7.74±0.03 ^{a, B}	7.82±0.14 ^{a, B}	8.01±0.14 ^{a, B}	8.73±0.28 ^{a, A}
	Kontrol	6.90±0.00 ^{ab, B}	6.90±0.04 ^{b, B}	7.36±0.23 ^{ab, B}	7.99±0.18 ^{a, A}
45°C	FZ 600	4.68±0.90 ^{c, B}	5.37 ±0.29 ^{b, B}	9.20±0.42 ^{b, A}	10.66±0.35 ^{cd, A}
	FZ 450	5.65±0.01 ^{bc, C}	5.44±0.33 ^{b, C}	9.09±0.11 ^{b, B}	10.62±0.31 ^{cd, A}
	FZ 300	5.04±0.09 ^{c, C}	5.13±0.06 ^{b, C}	8.82±0.13 ^{b, B}	11.06±0.06 ^{bc, A}
	TBHQ	7.56±0.00 ^{a, C}	7.03±0.21 ^{a, D}	11.20±0.08 ^{a, B}	12.57±0.02 ^{b, A}
	EDTA	7.74±0.03 ^{a, B}	5.98±0.36 ^{ab, C}	8.54±0.17 ^{b, AB}	9.06±0.25 ^{d, A}
	Kontrol	6.90±0.00 ^{ab, C}	6.91±0.46 ^{a, C}	10.71±0.29 ^{a, B}	17.58±1.18 ^{a, A}

a, b, c, ...: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0.05). A, B, C, ...: Aynı satırdaki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0.05). FZ600: 600 ppm fındık zarı eklenen mayonez, FZ450: 450 ppm fındık zarı eklenen mayonez, FZ300: 300 ppm fındık zarı eklenen mayonez.

Peroksit sonuçlarında olduğu gibi p-anisidin değerlerine ait varyans analiz sonuçları da mayonezlerin p-anisidin değerleri üzerinde tüm değişkenlerin ve bu değişkenlerin interaksiyonlarının önemli derecede ($p<0.01$) etkili olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin p-anisidin değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Mayonez (M)	5	23.56	117.99**
Depolama Sıcaklığı (DS ₁)	2	48.14	241.05**

Devamı arkada

Çizelge 4.23'ün devamı

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
MxDS ₁	10	3.99	20.00**
Depolama Süresi (DS _ü)	3	60.66	303.75**
MxDS _ü	15	1.70	8.51**
DS ₁ xDS _ü	6	22.11	110.68**
MxDS ₁ xDS _ü	30	1.34	6.69**
Hata	72	0.20	

**p<0.01 seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Mayoneze eklenecek olan dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktının miktarına yasal olarak mayonezde kullanımına izin verilen TBHQ'nun yine limitlerdeki miktarının (150 ppm) antioksidan kapasitesi baz alınarak karar verilmiştir. Ancak yukarıda verilen ön depolanan örneklerin peroksit ve p-anisidin sonuçlarından bundan sonraki depolama çalışmaları için miktarın artırılması gerektiği düşüncesiyle mayonezlere dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktı 1500 ppm olarak eklenmiştir. Doğru bir kıyaslama yapabilmek için de püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllerin antioksidan kapasiteleri, dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı ekstraktı tozunun antioksidan kapasitesiyle karşılaştırılarak mikrokapsüllerin de 3000 ppm olarak eklenmesine karar verilmiştir. Bu noktada mikrokapsüllerde kullanılan kaplama materyallerinin de antioksidan kapasiteye sahip olabileceği düşüncesiyle fındık zarı olmadan su içerisinde optimum oranlarda kaplama materyalleri çözündürülerek yine optimum püskürterek kurutma sıcaklığında kurutma işlemi yapılmıştır. Bu etken madde içermeyen mikrokapsüllerde yapılan antioksidan kapasite analiz sonuçlarına göre bezelye proteini ve maltodekstrinin antioksidan aktivite göstermediği, arap zıkkının ise fındık zarının antioksidan aktivitesine göre oldukça önemsiz bir antioksidan aktiviteye (0.53 µmol TE/g) sahip olduğu görülmüştür. Bitkisel ekstraktların antioksidan olarak kullanımı konusunda yasal olarak belirtilen bir limite ulaşamamış olmakla birlikte buradaki dikkate alınması gereken en önemli noktalardan biri de bitkisel materyalin kullanıldığı ürünün duyuşal özellikleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi olmalıdır. Nitekim bu tez kapsamında da bundan sonraki bölümde değerlendirileceği üzere kullanılan miktarın ürünün beğeni durumuna etkisinin belirlenmesiyle amacıyla bir duyuşal test yapılmıştır.

4.6.2. Mayonez örneklerinin depolama sonuçları

Bezelye proteini (3000 ppm), maltodekstrin (3000 ppm) ve arap zıkkı (3000 ppm) kullanılarak elde edilen mikrokapsüller, dondurarak kurutulmuş fındık zarı, EDTA (75 ppm), TBHQ (150 ppm) eklenen ve hiçbir antioksidan maddenin kullanılmadığı (kontrol) mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak elde edilen peroksit değerleri Çizelge 4.24'de verilmiştir. Ayrıca sonuçların depolama periyoduna bağlı olarak değişimleri Şekil 4.11 (4°C'de depolanan örnekler), 4.12 (25°C'de depolanan örnekler) ve 4.13 (45°C'de depolanan örnekler)'de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde depolama sıcaklığı ve süresinin artmasıyla peroksit değerlerinin arttığı görülmektedir. 4°C'de depolanan örneklerin peroksit değerleri depolama süresi

sonunda 1.31-4.01 meq O₂/kg arasında belirlenmiştir. Depolamanın sonunda 25°C’de depolanan mayonezlerin peroksit değerlerinin 3.88-15.12 meq O₂/kg arasında olduğu görülmüştür. Mayonezin peroksit değerinin üst limiti hakkında bir bilgiye ulaşılamamış ancak “Türk Gıda Kodeksi Bitki Adıyla Anılan Yağlar Tebliği”nde rafine bitkisel yağların peroksit değerinin en fazla 10 meq O₂/kg olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 11). Bu limite göre bir değerlendirme yapıldığında kontrol ve bezelye proteini ile enkapsüle edilen mayonezlerin kabul edilebilir sınırlarda olmadığını söylemek mümkündür.

Çizelge 4.24. Farklı kaplama materyalleri ile elde edilen mikrokapsüller ve dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı peroksit değerleri (meq O₂/kg)

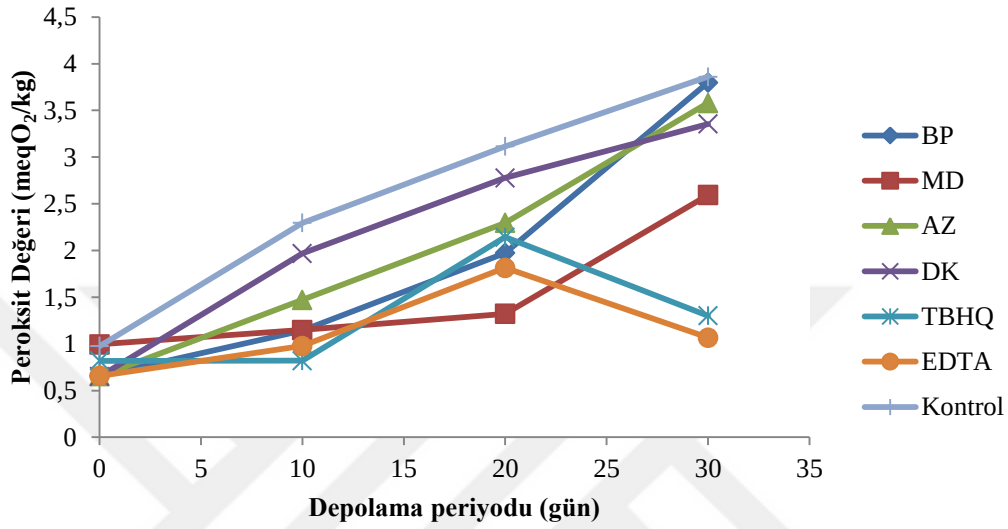
Mayonez Çeşidi	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün
4°C	BP	0.66±0.33 ^{a, C}	1.14±0.16 ^{cd, C}	1.97±0.01 ^{c, B}
	MD	0.99±0.66 ^{a, B}	1.15±0.17 ^{cd, B}	1.32±0.01 ^{d, AB}
	AZ	0.65±0.00 ^{a, C}	1.47±0.17 ^{bc, CB}	2.30±0.32 ^{bc, B}
	DK	0.65±0.33 ^{a, B}	1.97±0.00 ^{ab, AB}	2.78±0.17 ^{ab, A}
	TBHQ	0.82±0.17 ^{a, B}	0.82±0.16 ^{d, B}	2.14±0.18 ^{c, A}
	EDTA	0.66±0.33 ^{a, B}	0.98±0.00 ^{cd, AB}	1.82±0.17 ^{cd, A}
	Kontrol	0.98±0.00 ^{a, C}	2.30±0.31 ^{a, B}	3.12±0.17 ^{a, AB}
				4.01±0.39 ^{a, A}
25°C	BP	0.66±0.33 ^{a, D}	2.30±0.32 ^{b, C}	5.15±0.58 ^{c, B}
	MD	0.99±0.66 ^{a, C}	1.80±0.49 ^{b, C}	4.16±0.05 ^{cd, B}
	AZ	0.65±0.00 ^{a, C}	2.45±0.81 ^{b, C}	5.71±0.30 ^{bc, B}
	DK	0.65±0.33 ^{a, D}	2.71±0.41 ^{b, C}	6.89±0.23 ^{ab, B}
	TBHQ	0.82±0.17 ^{a, C}	2.12±0.01 ^{b, BC}	2.61±0.67 ^{d, B}
	EDTA	0.66±0.33 ^{a, C}	2.04±0.09 ^{b, BC}	3.30±0.68 ^{d, AB}
	Kontrol	0.98±0.00 ^{a, C}	4.43±0.49 ^{a, BC}	8.39±0.36 ^{a, B}
				15.12±2.72 ^{a, A}
45°C	BP	0.66±0.33 ^{a, C}	9.89±0.44 ^{cd, B}	18.07±2.22 ^{a, A}
	MD	0.99±0.66 ^{a, D}	6.17±0.09 ^{de, C}	19.09±1.51 ^{a, B}
	AZ	0.65±0.00 ^{a, C}	10.86±2.46 ^{bc, B}	19.47±2.05 ^{a, A}
	DK	0.65±0.33 ^{a, C}	14.92±1.15 ^{a, B}	18.04±0.42 ^{a, AB}
	TBHQ	0.82±0.17 ^{a, D}	6.96±0.92 ^{de, C}	17.13±0.06 ^{a, B}
	EDTA	0.66±0.33 ^{a, B}	5.21±0.80 ^{e, AB}	9.77±1.78 ^{b, A}
	Kontrol	0.98±0.00 ^{a, D}	14.27±0.44 ^{a, C}	20.47±2.21 ^{a, B}
				38.93±2.04 ^{a, A}

a, b, c, ...: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0.05$). A, B, C, ...: Aynı satırdaki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0.05$). BP: Bezelye proteini, MD: Maltodekstrin, AZ: Arap zıkkı, DK: Dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstaktı tozu

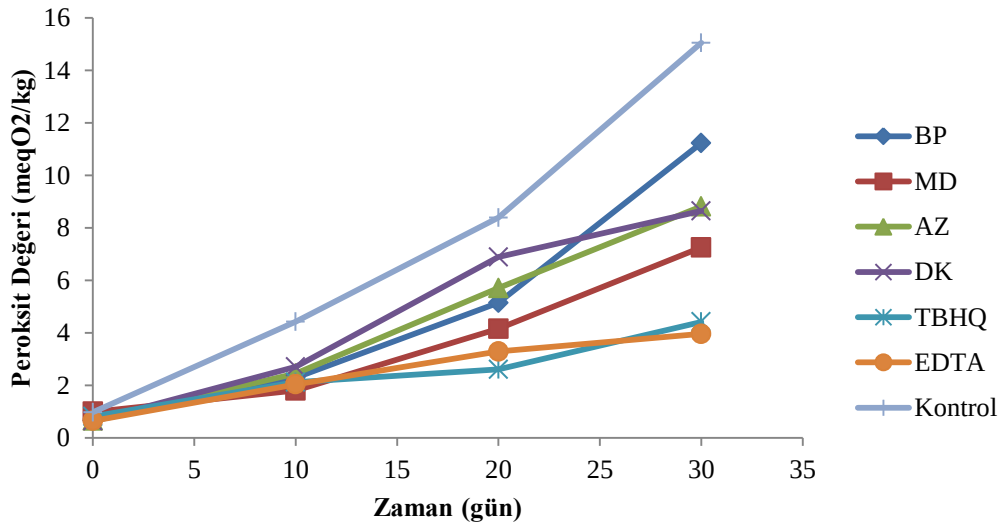
25°C’de depolanan örneklerde 30. gün sonunda en düşük peroksit değerleri TBHQ (4.34 meq O₂/kg) ve EDTA (3.88 meq O₂/kg) eklenen mayonezlerde tespit edilmiş, bu 2 örneğin arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Mikrokapsüllerden maltodekstrinin kullanıldığı örneğin ise sentetik antioksidanlardan sonra en düşük peroksit değerine (7.01 meq O₂/kg) sahip olduğu görülmekle birlikte kontrol örneğinin bütün örneklerden daha yüksek peroksit değerine sahip olduğu görülmüştür. 45°C’de depolanan örneklerin 30. günde sonuçları incelendiğinde ise

yine kontrol örneğinin peroksit değerinin diğer bütün örneklerden yüksek olduğu ($p<0.05$) görülürken en düşük peroksit değerine sahip örneğin EDTA eklenen örnek olduğu, diğer örneklerin peroksit değerleri arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Şekil 4.11 incelendiğinde depolama süresinin 20.gününe kadar kontrol örneği ile dondurarak kurutulmuş fındık zarı eklenen mayonez örneğinin peroksit oluşumları açısından birbirlerine yakın bir seyir gösterdiği, mikrokapsüllerin eklendiği örneklerin ise peroksit değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. 30. gün sonunda ise en yüksek peroksit değeri kontrol örneğinde belirlenmiş ve diğer tüm örneklerden istatistiki açıdan da ayrı bir grup oluşturmuştur. En düşük ve istatistiki açıdan da diğerlerinden farklı peroksit değeri sentetik antioksidanların kullanıldığı örneklerde bulunurken, bunları istatistiki açıdan ayrı bir grup oluşturarak maltodekstrin mikrokapsüllerinin eklendiği mayonez izlemiştir. 25°C’de depolanan örneklerin peroksit değerlerinin 10. gün depolama sonuçları değerlendirildiğinde kontrol örneğinin peroksit değeri sonuçlarının tüm örneklerin peroksit değerlerinden istatistiksel olarak olarak önemli derecede daha yüksek olduğu ve diğer tüm örneklerin ise birbirleriyle istatistiksel olarak aynı grupta olduğu görülmüştür. Yine 25°C’deki depolama sonuçları göstermiştir ki kontrol örneği dışındaki örneklerin peroksit değerleri açısından birbirlerinden istatistiki olarak ayrılmaya başladığı depolama süresi 20. gün olmuştur. 20. gündeki peroksit sonuçlarına göre en yüksek peroksit değeri kontrol örneklerinde tespit edilmiş, onu dondurarak kurutulmuş fındık zarının kullanıldığı örnekler takip etmiştir. Sentetik antioksidanlardan sonra en düşük peroksit değeri ise maltodekstrin ile enkapsüle edilen fındık zarı eklenen mayonezlerde görülmüştür. 20. gündeki mayonezlerin peroksit değerlerindeki bu benzeri seyir 30. gün sonuçlarında da görülmüştür. 45°C’de depolanan örneklerin peroksit değerleri incelendiğinde ise peroksit oluşumunun tüm örnekler için diğer depolama sıcaklıklarına göre daha hızlı geliştiğini söylemek mümkündür. 25°C’de depolanan örneklerin 30. günde sahip olduğu peroksit değerlerine 45°C’de yaklaşık 10 gün içerisinde ulaştıkları belirlenmiştir. 10. günde en yüksek peroksit değerleri kontrol ve dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktının eklendiği örneklerde görülmüş ve bu 2 örnek istatistiki olarak aynı grupta yer alarak diğer örneklerden ayrılmıştır. Bu depolama sıcaklığında diğer tüm örneklerden istatistiki olarak da farklı derecede en düşük peroksit değeri EDTA eklenmiş mayonezlerde (5.21 meq O₂/kg) belirlenmiş, EDTA eklenmiş örneklerden sonra en düşük peroksit değeri ise maltodekstrin ile enkapsüle edilmiş fındık zarı mikrokapsülleri (6.17 meq O₂/kg) ve TBHQ (6.96 meq O₂/kg) eklenmiş mayonezlerde görülmüştür. 20. günde ise en düşük peroksit değerine sahip olan EDTA eklenmiş mayonezler dışındaki tüm mayonezlerin peroksit değerlerinin istatistiki olarak birbirlerinden farksız olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 30. gününde ise en yüksek peroksit değeri (38.93 meq O₂/kg) kontrol örneklerinde en düşük peroksit değeri ise EDTA eklenen mayonezlerde bulunmuş, dondurarak kurutulmuş fındık zarı ile maltodekstrin, arap zıkkı ve bezelye proteini ile üretilen mikrokapsüllerin eklendiği mayonezlerin peroksit değerleri açısından birbirlerinden istatistiki olarak önemli farklılığın olmadığı görülmüştür. Elde edilen mayonezlerin peroksit sonuçları göstermiştir ki; tüm depolama sıcaklıklarında dondurarak kurutulmuş veya enkapsüle edilmiş fındık zarı ekstraktları kontrole göre oksidasyonu yavaşlatmada etkili olmuştur. Sonuçlardan 4 ve 25°C’lerdeki depolama sıcaklıklarında depolamanın tüm periyotlarında, 45°C’de ise 20. güne kadar mikroenkapsüle olarak eklenen fındık zarının dondurarak kurutulmuş eklenenlere göre peroksit miktarını daha fazla azalttığı tespit edilmiştir. Tezin metot bölümünde de

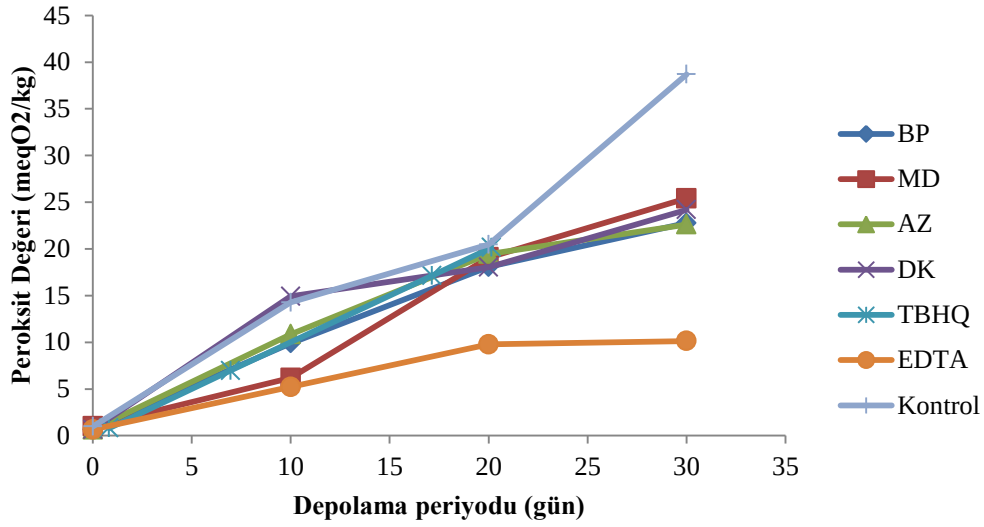
belirtildiği üzere marketten “katkısız mayonez” olarak satılan bir mayonez örneği temin edilerek bu örnekler diğer mayonezler gibi 3 farklı sıcaklıkta depolanmıştır. Katkısız ticari mayonezin başlangıç peroksit değeri 1.98 meq O₂/kg olarak belirlenirken 30. gün sonunda 4, 25 ve 45°C’de depolananların sırasıyla 4.12, 13.37 ve 32.64 meq O₂/kg olarak bulunmuştur. Sonuçlar katkısız mayonezin aynı şartlarda depolandığında peroksit miktarlarının kontrol örneğine çok benzer olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.8. 4°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerlerinin değişimi



Şekil 4.9. 25°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerlerinin değişimi



Şekil 4.10. 45°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı peroksit değerlerinin değişimi

Çizelge 4.25’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre değişkenlerin (mayonez, depolama sıcaklığı ve depolama süresi) ve bu değişkenlerin interaksiyonlarının tamamının peroksit değerleri üzerinde istatistiki açıdan oldukça önemli ($p < 0.01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

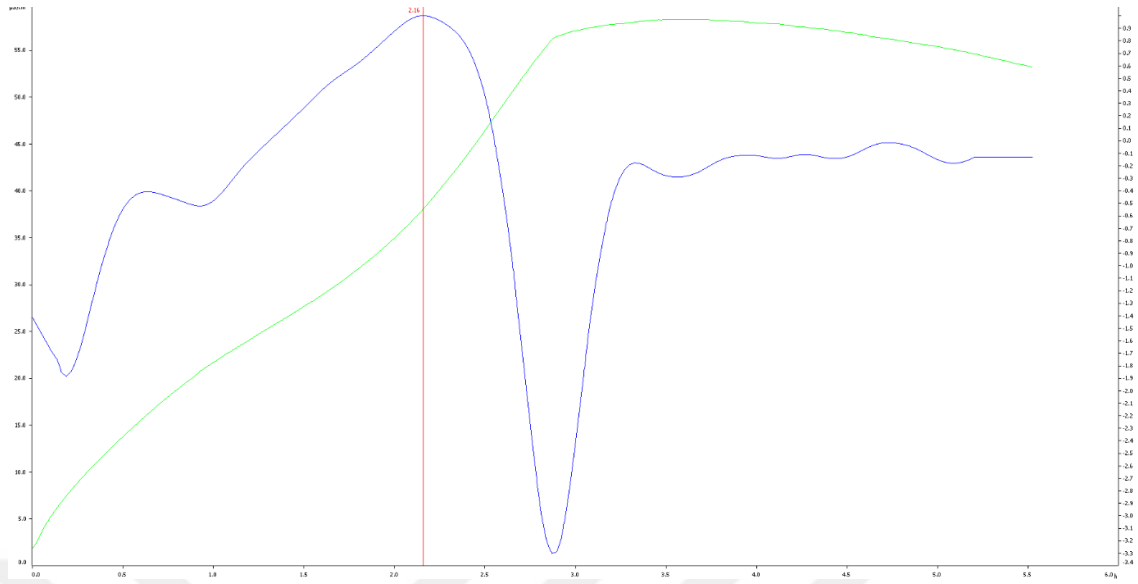
Çizelge 4.25. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin peroksit değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Mayonez (M)	6	85.97	53.24**
Depolama Sıcaklığı (DS ₁)	2	1871.79	1159.24**
MxDS ₁	12	22.82	14.13**
Depolama Süresi (DS ₂)	3	907.69	562.15**
MxDS ₂	18	21.26	13.17**
DS ₁ xDS ₂	6	296.28	183.49**
MxDS ₁ xDS ₂	36	8.34	5.17**
Hata	84	1.61	

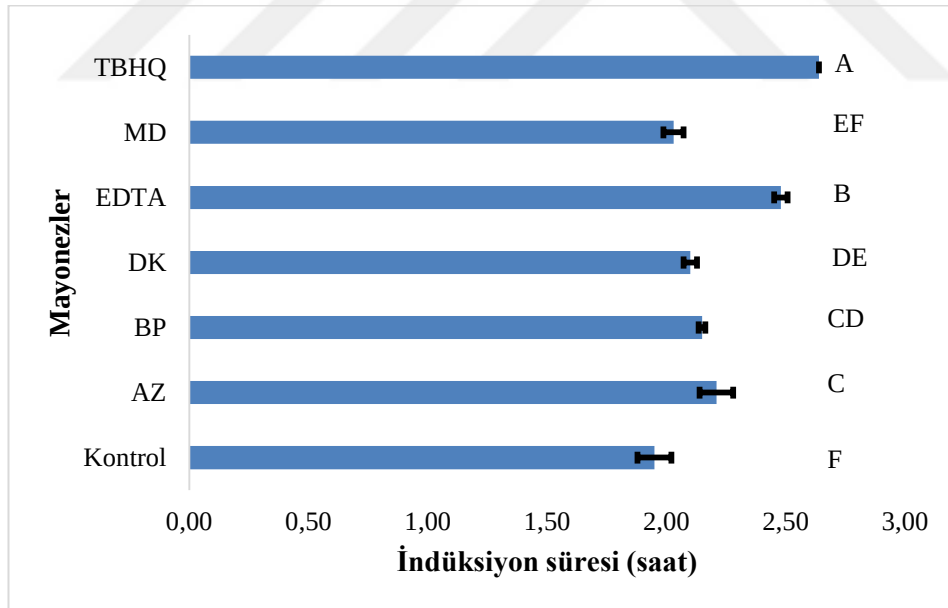
** $p < 0.01$ seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Püskürterek kurutma yöntemiyle farklı kaplama materyalleri kullanılarak elde edilen fındık zarı mikrokapsüllerinin sentetik antioksidanlara ve enkapsülasyon işleminin uygulanmadığı dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozlarına göre davranışının daha net bir şekilde ortaya koyulabilmesi için antioksidanların yağ ve yağ içerikli ürünlerde kararlılıklarının belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntem olan ransimat ile mayonezlerde hızlandırılmış oksidasyon testi yapılmıştır. Hızlandırılmış oksidasyona uğratılmış örneklerde 140°C’de iletkenliğe karşı zaman grafiğindeki ani değişimin

olduğu dönüm noktası otomatik olarak tayin edilmekte ve buradan indüksiyon süresi belirlenmektedir (Şekil 4.14). Bu süre, örneklerin oksidasyona karşı direncini kantitatif olarak temsil etmektedir. Şekil 4.14'deki grafikte görüldüğü üzere arap zıncı mikrokapsülü katkılı mayonez için indüksiyon süresi 2.16 saat olarak belirlenmiştir. Şekil 4.15'de verilen grafik mayonez örneklerinin oksidasyona karşı direncini indüksiyon süresi açısından karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Şekilden de görüldüğü üzere, en yüksek kararlılık TBHQ içeren mayonez örneklerinde gözlenmiştir. Bunu sırasıyla EDTA, arap zıncı ile kapsüllenmiş ekstrakt, bezelye proteini ile kapsüllenmiş ekstrakt, dondurarak kurutulmuş ekstrakt ve maltodekstrin ile kapsüllenmiş ekstrakt içeren örnekler takip etmektedir. Sonuçlardan genel olarak kapsüllenmiş örneklerin oksidasyona daha yüksek direnç gösterdiğini söyleyebiliriz. Maltodekstrin ile kapsüllenmiş ekstraktlarda stabilitenin düşük olması söz konusu duvar malzemesinin ısıya karşı direncinin çok yüksek olmaması ile açıklanabilir. Nitekim maltodekstrin, arap zıncı ve bezelye proteininin camısı geçiş sıcaklıklarının sırasıyla 160, 170 ve 184°C olduğundan daha önceki bölümlerde bahsedilmişti. Ayrıca maltodekstrin mikrokapsüllerinin arap zıncı ve bezelye proteinine göre daha büzüşmüş bir yapıda olmasının çevresel koşullara (oksijen ve yüksek sıcaklık) karşı antioksidan maddelerin korunumunu azaltmış olabileceğini de düşündürmektedir. Nitekim tez kapsamında elde edilen arap zıncı ve bezelye proteini mikrokapsüllerinin daha küresel bir yapıda olduğu morfolojik görüntüleme sonuçlarından da gözlenmişti. Oksidatif stabiliteyi arttırmada sentetik antioksidanların diğerlerine göre daha üstün özellikte olduğu hızlandırılmış oksidasyon testi sonucunda da görülmüş, sentetik antioksidanlardan sonra ise en iyi sonuç veren örneğin arap zıncı mikrokapsüllerinin eklendiği mayonez olduğu tespit edilmiştir. Bu durum arap zıncının fındık zıncı antioksidanlarını enkapsüle etme özelliğinin üstün olması ile açıklanabileceği gibi -en yüksek mikrokapsülasyon etkinliği bu mikrokapsüllerde bulunmuştur-, aynı zamanda arabik gam kapsüllerinin daha küresel olmasının antioksidanların oksijene ve yüksek sıcaklığa bağlı degradasyonunu engellemede daha etkili olması ile de açıklanabilir. TBHQ eklenen mayonezlerin hızlandırılmış oksidasyon testlerinde oksidasyona karşı en iyi sonucu veren antioksidan madde olması TBHQ'nun termal kararlılığının yüksek bir sentetik antioksidan olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Nitekim Santos vd. (2012) sentetik antioksidanların termal kararlılıklarını araştırdıkları çalışma sonucunda TBHQ'nun bozunma sıcaklığının BHA ve BHT'den çok daha yüksek olduğunu, 250°C'de tamamen bozunmanın gerçekleştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.11. 140°C'de oksidasyona maruz bırakılan arap zampı mikroenkapsülü eklenen örneğe ait örnek ransimat grafiği



Şekil 4.12. 140°C'de oksidasyona maruz bırakılan mayonezlerin indüksiyon süreleri. Farklı harfler indüksiyon süresi değerlerinin birbirlerinden istatistiki olarak farklı ($p < 0.05$) olduğunu ifade eder

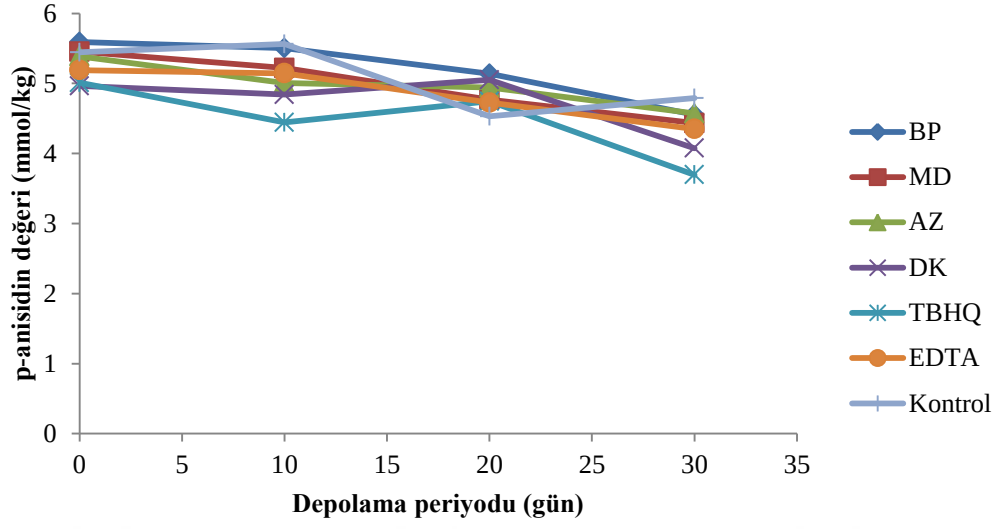
Mayonezlerin depolama sıcaklığına bağlı olarak ölçülen p-anisin değerleri Çizelge 4.26'da verilmiş, Şekil 4.16, 4.17 ve 4.18'de de gösterilmiştir. Sonuçlar ikincil oksidasyon ürünlerinin göstergesi olan p-anisidin değerlerinin 4 ve 25°C'lerde hemen

hemen değişmediğini, 45°C’de ise depolama süresi sonunda arttığını göstermiştir. Depolama süresi sonunda (45°C’de) en yüksek p-anisidin değeri (15.56 mmol/kg) kontrol örneğinde belirlenirken, kontrol örneğini maltodekstrin ile enkapsüle edilmiş mikrokapsüllerin kullanıldığı mayonez (10.31 mmol/kg) takip etmiştir. Bununla birlikte maltodekstrin, bezelye proteini, arap zıncı mikrokapsülleri, dondurarak kurutulmuş fındık zarı ve TBHQ eklenen mayonezlerin 45°C’de 30. gündeki p-anisidin sonuçları istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Peroksit sonuçlarında olduğu gibi p-anisidin de en düşük (6.95 mmol/kg) EDTA eklenen mayonezlerde belirlenmiştir. Marketten satın alınan katkısız mayonez örneğinde p-anisidin analizi de gerçekleştirilmiştir. Peroksit sonuçlarında olduğu gibi bu örneklerin p-anisidin değerleri de kontrol örneğine benzerlik göstermiş başlangıçta 5.23 olarak belirlenirken 30. gün sonunda 4, 25 ve 45°C’lerde sırasıyla 5.43 mmol/kg, 6.32 mmol/kg ve 14.71 mmol/kg olarak belirlenmiştir. Peroksit sonuçlarında olduğu gibi p-anisidin değerleri açısından da ticari mayonez kontrol örneğine benzer bir sonuç göstermiştir.

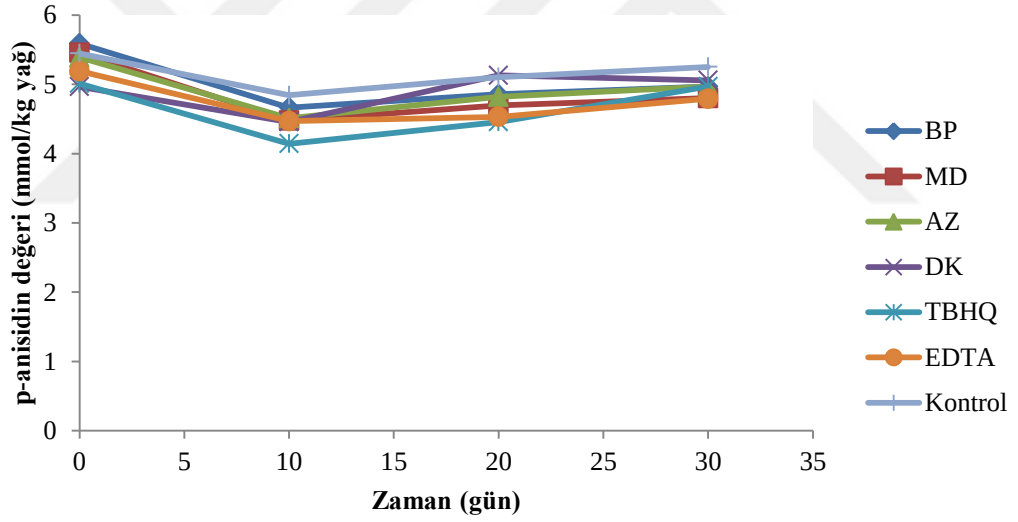
Çizelge 4.26. Farklı kaplama materyalleri ile elde edilen mikrokapsüller ve dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozu eklenen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı p-anisidin değerleri (mmol/kg)

	Mayonez Çeşidi	0. gün	10. gün	20. gün	30. gün
4°C	BP	5.59±0.12 ^{a, A}	5.44±0.48 ^{a, A}	5.09±0.39 ^{a, A}	4.55±0.08 ^{ab, A}
	MD	5.45±0.28 ^{a, A}	5.22±0.02 ^{a, AB}	4.77±0.13 ^{a, BC}	4.43±0.01 ^{ab, C}
	AZ	5.39±0.12 ^{a, A}	5.01±0.17 ^{ab, A}	4.94±0.31 ^{a, A}	4.57±0.19 ^{ab, A}
	DK	4.97±0.19 ^{a, A}	4.84±0.13 ^{ab, A}	5.05±0.06 ^{a, A}	4.08±0.58 ^{ab, A}
	TBHQ	5.01±0.06 ^{a, A}	4.44±0.05 ^{b, B}	4.75±0.05 ^{a, AB}	3.70±0.21 ^{b, C}
	EDTA	5.19±0.23 ^{a, A}	5.14±0.04 ^{ab, A}	4.73±0.44 ^{a, A}	4.35±0.08 ^{ab, A}
	Kontrol	5.45±0.24 ^{a, A}	5.56±0.16 ^{a, A}	4.53±0.42 ^{a, A}	4.79±0.19 ^{a, A}
25°C	BP	5.59±0.12 ^{a, A}	4.75±0.36 ^{a, A}	4.94±0.20 ^{a, A}	4.97±0.93 ^{a, A}
	MD	5.45±0.28 ^{a, A}	4.48±0.53 ^{a, A}	4.70±0.01 ^{a, A}	4.80±0.70 ^{a, A}
	AZ	5.39±0.12 ^{a, A}	4.51±0.61 ^{a, A}	4.82±0.08 ^{a, A}	4.97±0.64 ^{a, A}
	DK	4.97±0.19 ^{a, A}	4.46±0.16 ^{a, A}	5.13±0.53 ^{a, A}	5.06±0.64 ^{a, A}
	TBHQ	5.01±0.06 ^{a, A}	4.14±0.30 ^{a, A}	4.46±0.28 ^{a, A}	4.97±0.68 ^{a, A}
	EDTA	5.19±0.23 ^{a, A}	4.47±0.48 ^{a, A}	4.53±0.12 ^{a, A}	4.79±0.57 ^{a, A}
	Kontrol	5.45±0.24 ^{a, A}	4.84±0.59 ^{a, A}	5.10±0.09 ^{a, A}	5.25±0.54 ^{a, A}
45°C	BP	5.59±0.12 ^{a, C}	6.08±0.17 ^{a, BC}	8.13±1.07 ^{a, AB}	9.96±0.22 ^{b, A}
	MD	5.45±0.28 ^{a, C}	5.64±0.47 ^{ab, C}	7.67±0.23 ^{a, B}	10.31±0.21 ^{b, A}
	AZ	5.39±0.12 ^{a, C}	6.22±0.43 ^{a, C}	7.88±0.18 ^{a, B}	9.68±0.41 ^{b, A}
	DK	4.97±0.19 ^{a, C}	6.05±0.18 ^{a, C}	7.82±0.22 ^{a, B}	9.87±0.61 ^{b, A}
	TBHQ	5.01±0.06 ^{a, C}	5.13±0.31 ^{ab, C}	6.60±0.04 ^{ab, B}	8.84±0.17 ^{b, A}
	EDTA	5.19±0.23 ^{a, B}	4.71±0.31 ^{b, B}	5.25±0.12 ^{b, B}	6.95±0.28 ^{c, A}
	Kontrol	5.45±0.24 ^{a, C}	5.90±0.15 ^{a, BC}	8.09±0.56 ^{a, B}	15.56±1.12 ^{a, A}

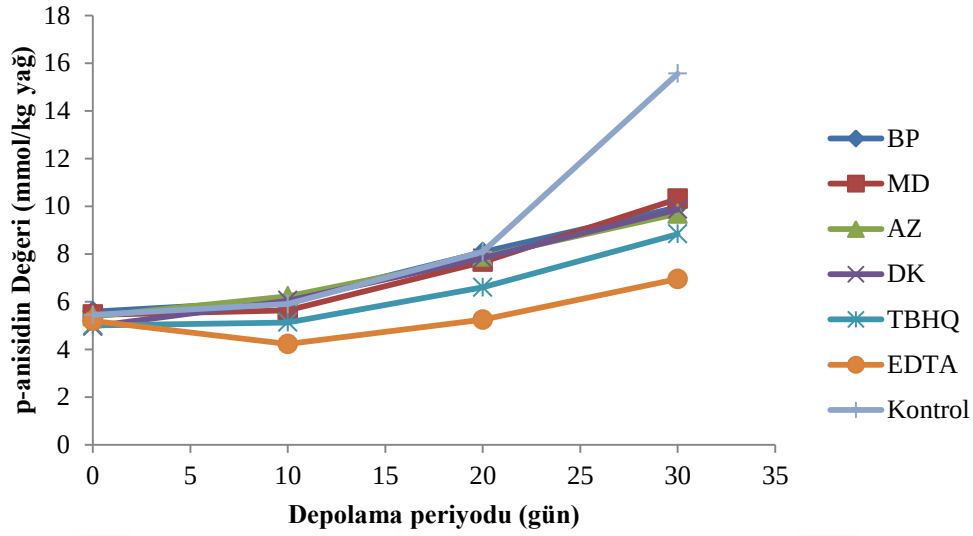
a, b, c, ...: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0.05$). A, B, C, ...: Aynı satırdaki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0.05$). BP: Bezelye proteini, MD: Maltodekstrin, AZ: Arap zıncı, DK: Dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstaktı tozu



Şekil 4.13. 4°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı p-anisidin değerleri değişimi



Şekil 4.14. 25°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı p-anisidin değerleri değişimi



Şekil 4.15. 45°C’de depolanan mayonezlerin depolama süresine bağlı p-anisidin değerleri değişimi

Çizelge 4.27’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre değişkenlerin (mayonez, depolama sıcaklığı ve depolama süresi) ve bu değişkenlerin interaksiyonlarının tamamının p-anisidin değerleri üzerinde istatistiki açıdan oldukça önemli ($p < 0.01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.27. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin p-anisidin değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Mayonez (M)	6	4.53	16.38**
Depolama Sıcaklığı (DS ₁)	2	92.36	334.37**
MxDS	12	2.00	7.24**
Depolama Süresi (DS ₂)	3	16.13	58.39**
MxDS ₂	18	1.19	4.30**
DS ₁ xDS ₂	6	28.26	102.32**
MxDS ₁ xDS ₂	36	0.98	3.56**
Hata	84	0.28	

** $p < 0.01$ seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

4.6.3. Duyusal analiz sonuçları

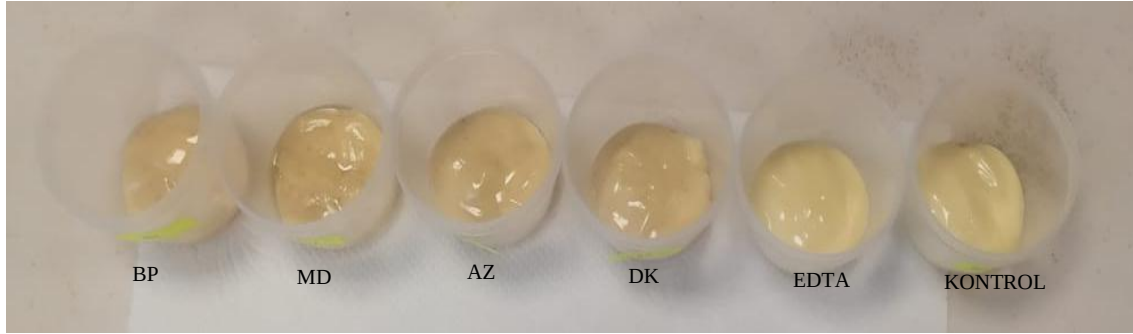
Mayonezlere eklenen fındık zarrının ürünün duyusal özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.28’de verilmiştir. Renk değerleri incelendiğinde kullanılan fındık zarrının mayonezin alışılan rengini az da olsa değiştirmesine (Şekil 4.19) bağlı olarak tüketiciler tarafından daha düşük puanlarla değerlendirildiği görülmektedir. En yüksek renk değerine kontrol

örneği sahip olurken, onu EDTA eklenen, dondurarak kurutulmuş fındık zarı eklenen ve arap zıncı kullanılarak üretilen mikrokapsül eklenen mayonezler takip etmiş, bu 3 örnek arasında istatistiki açıdan bir fark bulunamamıştır. Örneklerin koku, tat-aroma, acılık ve burukluk özellikleri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuş olup, yapı-kıvam özelliği açısından bezelye proteini ve maltodekstrin bazlı mikrokapsüllerin eklendiği mayonezler diğer mayonezlerden istatistiki açıdan da önemli derecede ($p<0.05$) daha az beğenilmiştir. Nitekim maltodekstrin kullanılarak elde edilmiş olan mikrokapsüllerin eklendiği mayonezlerde emülsifiye yapının hızlı bir şekilde bozulduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun maltodekstrinin diğer taşıyıcılara göre su tutma özelliğinin daha yüksek olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Mayonezlerin genel beğeni puanları değerlendirildiğinde kontrol, EDTA eklenen, dondurarak kurutulmuş fındık zarı eklenen ve arabik gam kullanılarak üretilen mikrokapsül eklenen mayonezlerin birbirlerine yakın ve 7 üzerinde puan alarak tüketiciler tarafından kabul gördüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.28. Mayonezlerin duysal analiz sonuçları

Mayonez Türü	Renk	Koku	Görünüş	Tat-Aroma	Yapı-Kıvam	Acılık	Burukluk	Genel Beğeni
BP	6.13±0.64 ^b	6.88±0.44 ^a	6.75±0.45 ^a	6.13±0.83 ^a	5.00±0.46 ^b	7.13±0.67 ^a	7.25±0.49 ^a	6.63±0.32 ^{ab}
MD	4.50±0.76 ^c	5.88±0.74 ^a	4.13±0.81 ^b	6.13±0.52 ^a	4.25±0.68 ^b	7.50±0.60 ^a	7.63±0.50 ^a	5.50±0.54 ^b
AZ	6.38±0.42 ^{ab}	6.50±0.68 ^a	7.38±0.38 ^a	8.00±0.27 ^a	7.00±0.42 ^a	8.38±0.18 ^a	8.38±0.18 ^a	7.63±0.18 ^a
DK	6.63±0.50 ^{ab}	5.88±0.64 ^a	7.13±0.55 ^a	7.13±0.61 ^a	7.38±0.57 ^a	8.38±0.18 ^a	7.88±0.40 ^a	7.38±0.32 ^a
EDTA	7.38±0.46 ^{ab}	7.13±0.79 ^a	7.88±0.52 ^a	6.88±0.85 ^a	7.00±0.85 ^a	8.13±0.61 ^a	7.50±0.87 ^a	7.75±0.53 ^a
Kontrol	7.88±0.44 ^a	7.25±0.80 ^a	8.13±0.52 ^a	7.13±0.85 ^a	7.75±0.84 ^a	7.75±0.84 ^a	7.63±0.75 ^a	7.63±0.60 ^a

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.16. Duyusal analizde kullanılan mayonezlerin görüntüleri. BP: Bezelye proteini, MD: Maltodekstrin, AZ: Arap zıncı, DK: Dondurarak kurutulmuş fındık zarı ekstraktı

Mayonezlerin duysal analiz değerlerinin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiş olup renk, görünüş, yapı-kıvam ve genel beğeni özellikleri üzerine eklenen maddelerin istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.29. Mayonezlerin duyuşsal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon	SD	KO	F
Renk	Mayonez	5	10.92	4.52 ^{**}
	Hata	42	2.41	
Koku	Mayonez	5	2.93	0.77
	Hata	42	3.83	
Görünüş	Mayonez	5	16.72	6.83 ^{**}
	Hata	42	2.45	
Tat-Aroma	Mayonez	5	4.02	1.05
	Hata	42	3.82	
Yapı-Kıvam	Mayonez	5	16.12	4.67 ^{**}
	Hata	42	3.45	
Acılık	Mayonez	5	2.05	0.79
	Hata	42	2.60	
Burukluk	Mayonez	5	1.18	0.44
	Hata	42	2.67	
Genel Beğeni	Mayonez	5	6.13	3.96 ^{**}
	Hata	42	1.55	

^{**} $p < 0.01$ seviyesinde farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir. SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

5. SONUÇLAR

İnsanların son yıllarda sentetik katkı maddeleri içeren gıdalardan uzak durma eğilimleri doğal katkı maddelerini önemli hale getirmiş olup bu maddelerin doğru kaynaklardan elde edilerek gerek depolama gerekse de gıdalarda kullanımları sırasında kararlı bir yapı kazandırılmaları önemli araştırma alanlarından biri olmuştur. Buradan yola çıkarak bu tez kapsamında antioksidan maddeler açısından önemli bir kaynak olan fındık zarından antioksidan zengin bir ekstrakt elde edilmiş ve elde edilen ekstrakt stabilitesinin artırılması için püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsüle edilmiştir. Üretilen mikrokapsüllerin mayonezde antioksidan olarak kullanım potansiyeli araştırılmış ve tüm yapılan bu çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Fındık zarının geleneksel yöntemle ekstraksiyonunda optimum koşullar; ekstraksiyon sıcaklığı 90°C, ekstraksiyon süresi 46.5 dk ve besleme oranı %15 olarak belirlenmiştir.
- Fındık zarının ultrases destekli ekstraksiyonunda optimum koşullar; ekstraksiyon sıcaklığı 50°C, ekstraksiyon süresi 27 dk, besleme oranı %5 ve genlik %50 olarak bulunmuştur.
- Ekstraksiyonda ultrases desteğiyle daha düşük sıcaklık ve sürede daha az fındık zarı ile geleneksel yöntem ile yaklaşık aynı değerde antioksidan kapasiteye sahip ekstraktın elde edilebileceği görülmüştür.
- Desing Expert Paket programı tarafından farklı taşıyıcılarla ayrı ayrı yapılan püskürterek kurutma optimizasyonunda en yüksek mikrokapsülasyon etkinliğinin elde edilmesini sağlayan optimum püskürterek kurutma koşulları bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıncı için sırasıyla; %20 kaplama materyali oranı-140°C giriş sıcaklığı, %50 kaplama materyali oranı-154°C giriş sıcaklığı, %50 kaplama materyali oranı-180°C giriş sıcaklığı olarak belirlenmiştir.
- Fındık zarı ekstraktının enkapsülasyonunda optimum koşullarda üretilen mikrokapsüllerden en iyi (%97) mikrokapsülasyon etkinliği kaplama materyali olarak arap zıncının kullanılması ile elde edilmiş, maltodekstrin kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin enkapsülasyon etkinliği %90 ve bezelye proteini ile elde edilen mikrokapsüllerin enkapsülasyon etkinliği ise %72 olarak bulunmuştur.
- En düşük yığın yoğunluğu değerine dondurarak kurutulmuş fındık zarı tozunun (145.04 kg/m^3), en yüksek yığın yoğunluğu değerine ise maltodekstrin kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin (369.43 kg/m^3) sahip olduğu görülmüştür.
- Kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanılarak elde edilen mikropartiküllerin Carr indeks değerlerine göre çok iyi, diğer

mikrokapsüllerin ve dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozunun ise zayıf bir akış karakterine sahip olduğu tespit edilmiştir.

- Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen fındık zarı tozlarının ortalama partikül çapları püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllere göre oldukça yüksek bulunmuştur. Maltodekstrin, bezelye proteini ve arabik gam kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin ortalama boyutları (d_{50}) sırasıyla 9.95 μm , 9.33 μm ve 11.61 μm olarak ölçülmüştür.
- Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen tozların şekillerinin püskürterek kurutma yöntemiyle üretilen mikrokapsüllere göre düzensiz, gözenekli, süngerimsi ve kırık katmanlı bir yapıda olduğu görülmüştür.
- Arap zankı ve bezelye proteini kullanılarak elde edilen kapsüllerin maltodekstrin kullanılarak elde edilenlere göre daha küresel olduğu görülmüştür.
- 3 farklı depolama sıcaklığı için de mikroenkapsüle tozların kullanıldığı mayonezlerde birincil oksidasyon ürünlerinin genel olarak hem dondurarak kurutulmuş fındık zarının kullanıldığı, hem de kontrol mayonezlerine göre daha yavaş oluştuğu belirlenmiştir.
- Mayonezlerin p-anisidin değerlerinin 4 ve 25°C'deki depolama sıcaklıklarında hemen hemen değişmediği, 45°C'de ise 30. gün sonunda arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Mayonezlerde yapılan hızlandırılmış oksidasyon testi sonuçlarına göre sentetik antioksidanlardan sonra en iyi sonucun arap zankı kullanılarak elde edilen mikrokapsüller ile elde edildiği görülmüştür.
- Maltodekstrin kullanılarak elde edilen mikrokapsüllerin eklendiği mayonezlerde emülsifiye yapının hızlı bir şekilde bozulduğu gözlemlenmiştir.
- EDTA eklenen, dondurarak kurutulmuş fındık zarı eklenen ve arap zankı kullanılarak üretilen mikrokapsül eklenen mayonezlerin birbirlerine yakın ve 7 üzerinde puan alarak tüketiciler tarafından kabul gördüğü sonucuna ulaşılmıştır.
- Arap zankı ile elde edilen mikrokapsüllerin küreselliği, mikroenkapsülasyon etkinliği ve mayonezde kullanıldığında oksidasyona stabilitesi göz önünde bulundurulduğunda; fındık zarı ekstraktının enkapsülasyonu için iyi bir kaplama materyali olduğu, ancak tozların akabilirliğinin de önemli bir ölçüt olduğu dikkate alındığında maltodekstrin ile karışımının denendiği çalışmaların da yapılmasına ihtiyaç olduğu görülmüştür.

- İyi bir antioksidan kaynağı olduğu görülen fındık zarı ekstraktının farklı enkapsülasyon yöntemleriyle de enkapsüle edilerek gıdalara eklenmesini konu alan çalışmaların önemli olacağı sonucuna ulaşılmıştır.
- Polar paradoks teorisiyle ilgili olarak ise, son yıllarda yapılan çalışmalarda belirtildiği üzere; antioksidanın sadece polarite özelliği emülsiyondaki antioksidan etkinliğinin tahmin edilmesinde yeterli olmamakta ve daha kesin yorumlar yapılabilmesi amacıyla mayonezde görüntüleme tekniklerinden faydalanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte, yüksek amfifilik özelliklere sahip olan bezelye proteini ile kapsüllenen antioksidanın, polar paradoks teorisi bakış açısıyla beklenilenin aksine, en yüksek antioksidatif etkiyi göstermediği söylenebilmekte ve bu durum sadece polarite ile de ilişkilendirilememektedir. Bu noktada mikrokapsülün mikroenkapsülasyon etkinliğinin diğer kaplama materyalleri (maltodekstrin ve arap zıncı) ile elde edilen mikrokapsüllerden farklı olmasının da bir diğer değişken parametre olduğu görülmüş ve bu noktada da daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Abrahão, F. R., Rocha, L. C. R., Santos, T. A., do Carmo, E. L., Pereira, L. A. S., Borges, S. V. And Botrel, D. A. 2019. Microencapsulation of bioactive compounds from espresso spent coffee by spray drying. *LWT*, 103, 116-124.
- Açar, Ö. Ç., Gökmen, V., Pellegrini, N. And Fogliano, V. 2009. Direct evaluation of the total antioxidant capacity of raw and roasted pulses, nuts and seeds. *European Food Research and Technology*, 229(6), 961-969.
- Aguilera, J. M. Stanley and D. W. 1999. Examining Food Microstructure In: *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*. Gaithersburg, Maryland, USA: Aspen Publishers, Inc., 1-65.
- Ahmadi-Dastgerdi, A., Ezzatpanah, H., Asgary, S., Dokhani, S., Rahimi, E. And Gholami-Ahangaran, M. 2019. Oxidative stability of mayonnaise supplemented with essential oil of *Achillea millefolium* ssp *millefolium* during storage. *Food Science and Technology*, 13 (1), 34-41.
- Alasalvar, C., Shahidi, F. and Cadwallader, K. R. 2003. Comparison of natural and roasted Turkish tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) volatiles and flavor by DHA/GC/MS and descriptive sensory analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 5067-5072.
- Alasalvar, C., Karamać, M., Kosińska, A., Rybarczyk, A., Shahidi, F., Amarowicz, R. 2009. Antioxidant activity of hazelnut skin phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (11), 4645–4650.
- Alasalvar, C., Pelvan, E. and Amarowicz, R. 2010. Effects of roasting on taste-active compounds of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(15), 8674-8679.
- Alemán, M., Bou, R., Guardiola, F., Durand, E., Villeneuve P., Jacobsen, C. And Sørensen, A. D. M. 2015. Antioxidative effect of lipophilized caffeic acid in fish oil enriched mayonnaise and milk, *Food Chemistry*, 167, 236-244.
- Alizadeh, L., Abdolmaleki, K., Nayebyzadeh, K. and Shahin, R. 2019. Effects of tocopherol, rosemary essential oil and *Ferulago angulata* extract on oxidative stability of mayonnaise during its shelf life: A comparative study, *Food Chemistry*, 285, 46–52.
- Alvarenga Botrel, D., Vilela Borges, S., Victória de Barros Fernandes, R., Dantas Viana, A., Maria Gomes da Costa, J. and Reginaldo Marques, G. 2012. Evaluation of spray drying conditions on properties of microencapsulated oregano essential oil. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(11), 2289-2296.
- Andreasen, M. F., Landbo, A. K., Christensen, L. P., Hansen, Å. and Meyer, A. S. 2001. Antioxidant effects of phenolic rye (*Secale cereale* L.) extracts, monomeric hydroxycinnamates, and ferulic acid dehydrodimers on human low-density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4090-4096.
- Andres, A. I., Petron, M. J., Lopez, A. M., and Timon, M. L. 2020. Optimization of extraction conditions to improve phenolic content and *in vitro* antioxidant

activity in craft brewers' spent grain using response surface methodology (RSM). *Foods*, 9(10), 1398.

Anonymous 1: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr> [Son erişim tarihi: 20.04.2022]

Anonim 2: <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/StandardAra.aspx> [Son erişim tarihi: 20.04.2022]

Anonim 3: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130630-4.htm> [Son erişim tarihi: 20.04.2022]

Anonymous 4: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2392> [Son erişim tarihi: 25.05.2022]

Anonymous 5: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2588> [Son erişim tarihi: 25.05.2022]

Anonymous 6: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4363> [Son erişim tarihi: 25.05.2022]

Anonymous 7: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3642> [Son erişim tarihi: 25.05.2022]

Anonymous 8: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1414> [Son erişim tarihi: 25.05.2022]

Anonymous 9: <https://www.fao.org/faostat/en/#search/hazelnut> [Son erişim tarihi: 20.04.2022]

Anonim 10: <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/findiksektorraporu2018.pdf> [Son erişim tarihi: 20.04.2022]

Anonim 11: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120412-7-1.pdf> [Son erişim tarihi: 27.06.2022]

Ardağ, A. 2008. Antioksidan kapasite tayin yöntemlerinin analitik açıdan karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 53 s.

Atak, Z. 2018. Vanilya ekstraktının püskürterek kurutma ve püskürterek soğutma yöntemleri ile enkapsülasyonu ve model gıda sistemi içerisinde kullanımı. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 172 s.

Aydın, F. M. 2019. Fındık zarının et emülsiyonlarının özellikleri üzerine etkisi ve sosis üretiminde kullanımı, Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çanakkale, 81 s.

Azmir, J., Zaidul, I., Rahman, M., Sharif, K., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M., Ghafoor, K., Norulaini, N. and Omar, A. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117 (4): 426-436.

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99(1), 191-203.

- Ballesteros, L. F., Ramirez, M. J., Orrego, C. E., Teixeira, J. A. and 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 chemistry*, 237, 623-631.
- Barańska, A., Świeca, M. and Samborska, K. 2022. Sour cherry juice concentrate powdered by high and low temperature spray drying with pea protein as a carrier—Physical properties, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. *Drying Technology*, 1-16.
- Barlow, S. M., 1990. 253-307. Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. Editor: Hudson, B. London: Elsevier.
- Başlar, M. 2011. Ultrases, fotosonikasyon ve vurgulu elektriksel alan işlemlerinin elma suyunun bazı kalite özelliklerine etkisi. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 129 s.
- Benarfa, A., Gourine, N., Hachani, S., Harrat, M. and Yousfi, M. 2020. Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidative phenolic compounds from *Deverra scoparia* Coss. & Durieu (flowers) using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7).
- Bensid, A., El Abed, N., Houicher, A., Regenstein, J. M. and Özogul, F. 2022. Antioxidant and antimicrobial preservatives: Properties, mechanism of action and applications in food—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(11), 2985-3001.
- Beristain, C., Garcia, H. and Vernon-Carter, E. 2001. Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *LWT-Food Science and Technology*, 34 (6): 398-401.
- Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V. and Zeppa, G. 2015. Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt, *LWT - Food Science and Technology*, 63 (2), 1145–1154.
- Berton-Carabin, C. C., Ropers, M. H. and Genot, C. 2014. Lipid Oxidation in Oil-in-Water Emulsions: Involvement of the Interfacial Layer, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13 (5), 945–977.
- Bhandari, B. R., Dumoulin, E. D., Richard, H. M. J., Noleau, I. and Lebert, A. M. 1992. Flavor encapsulation by spray drying: application and linalyl acetate, *Food Reviews International*, 57 (1), 217–221.
- Bhandari, B. R., Datta, N. and Howes, T. 1997. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying technology*, 15(2), 671-684.
- Bibi-Sadeer, N., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G. and Mahomoodally, M. F. 2020. The versatility of antioxidant assays in food science and safety—Chemistry, applications, strengths, and limitations. *Antioxidants*, 9(8), 709.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.

- Blomhoff, R., Carlsen, M. H., Andersen, L. F. and Jacobs, D. R. 2006. Health benefits of nuts: Potential role of antioxidants, *British Journal of Nutrition*, 96, 52–60.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. L. W. T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Brglez Mojzer, E., Knez Hrnčič, M., Škerget, M., Knez, Ž. and Bren, U. 2016. Polyphenols: extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects. *Molecules*, 21 (7): 901.
- Caliskan, G., and Dirim, S. N. 2016. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technology*, 287, 308-314.
- Cao, G., Sofic, E., & Prior, R. L. 1997. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. *Free radical biology and medicine*, 22(5), 749-760.
- Carr, R.L. 1965. Evaluating flow properties of solids. *Chem Engineer*, 72: 163–168.
- Carrera, C., Ruiz-Rodríguez, A., Palma, M. and Barroso, C. G. 2012. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. *Analytica chimica acta*, 732, 100-104.
- Cemeroğlu, B. S.. 2016. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi (6. Basım). Ankara: Bizim Grup Basımevi.
- Chandrasekara, N. and Shahidi, F. 2011. Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 5006-5014.
- Condón, S., Raso, J., Pagán, R., Barbosa-Cánovas, G., Tapia, M. and Cano, M. 2005. Microbial inactivation by ultrasound. *Novel food processing technologies*, 423442.
- Contini, M., Baccelloni, S., Massantini, R., Anelli, G. 2008. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature, *Food Chemistry*, 110 (3), 659–669.
- Coupland, N. J., McClements, D. J. 1996. Lipid oxidation in food emulsions, *Trends in Food Science & Technology*, 7, 83-90.
- Cilek, B., Luca, A., Hasirci, V., Sahin, S. and Sumnu, G. 2012. Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry pomace: effect of formulation, ultrasonication time and core to coating ratio. *European Food Research and Technology*, 235(4), 587-596.
- Çam, M., İçyer, N. C., and Erdoğan, F. 2014. Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 117-123.
- da Rosa, J. R., Nunes, G. L., Motta, M. H., Fortes, J. P., Weis, G. C. C., Hecktheuer, L. H. R. and da Rosa, C. S. 2019. Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (*Vaccinium* spp.) by spray drying: Characterization,

- stability and simulated gastrointestinal conditions. *Food hydrocolloids*, 89, 742-748.
- Di Benedetto, N. A., Alfarano, M., Laus, M. N., Caporizzi, R., Soccio, M., Robbe, C. and Pastore, D. 2015. Antioxidant capacity of durum wheat large flour particles may be evaluated by QUENCHER ABTS assay by adopting a proper calculation mode. *Cereal Research Communications*, 43(4), 682-691.
- Del Rio, D., Calani, L., Dall'Asta, M. and Brighenti, F. 2011. Polyphenolic composition of hazelnut skin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(18), 9935-9941.
- Doğan-Cömert, E., and Gökmen, V. 2017. Antioxidants bound to an insoluble food matrix: Their analysis, regeneration behavior, and physiological importance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 382-399.
- Decker, E. A. 1998. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability, *Trends in Food Science and Technology*, 9 (6), 241–248.
- Depree, J. A. and Savage, G. P. 2001. Physical and flavour stability of mayonnaise, *Trends in Food Science and Technology* 12(5–6), 157–63.
- Desai, K. G. H. and Park, H. J. 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23: 1361–1394.
- Dias D. R. and Botrel D. A., Borres Fernandes R. V., Borges S. V. 2017. Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods, *Food Science*, 13, 31-37.
- Dickinson, E. 1999. Caseins in emulsions: Interfacial properties and interactions, *International Dairy Journal*, 9 (3–6), 305–312.
- Dolatabadi, J. E. N., and Kashanian, S. 2010. A review on DNA interaction with synthetic phenolic food additives. *Food Research International*, 43(5), 1223-1230.
- Dorman, H. J. D., Peltoketo, A., Hiltunen, R. and Tikkanen, M. J. 2003. Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. *Food chemistry*, 83(2), 255-262.
- Durmaz, G., and Gökmen, V. 2010. Impacts of roasting oily seeds and nuts on their extracted oils. *Lipid Technology*, 22(8), 179-182.
- Elias, R. J., Kellerby, S. S. and Decker, E. A. 2008. Antioxidant activity of proteins and peptides, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48 (5), 430–441.
- Fanali, C., Gallo, V., Della Posta, S., Dugo, L., Mazzeo, L., Cocchi, M. and De Gara, L. 2021. Choline chloride–lactic acid-based NADES as an extraction medium in a response surface methodology-optimized method for the extraction of phenolic compounds from hazelnut skin. *Molecules*, 26(9), 2652.
- Fang, Z. and Bhandari, B. 2010. “Encapsulation of polyphenols - A review”, *Trends in Food Science and Technology*, 21 (10), 510–523.

- Fenoglio, D., Soto Madrid, D., Alarcón Moyano, J., Ferrario, M., Guerrero, S. and Matiacevich, S. 2021. Active food additive based on encapsulated yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract: effect of drying methods on the oxidative stability of a real food matrix (mayonnaise). *Journal of Food Science and Technology*, 58(4), 1574-1584.
- Fernández-León, M. F., Fernández-León, A. M., Lozano, M., Ayuso, M. C., Amodio, M. L., Colelli, G., González-Gómez, D. 2013. Retention of quality and functional values of broccoli “Parthenon” stored in modified atmosphere packaging, *Food Control*, 31 (2), 302–313.
- Flamminii, F., Daniela, C., Mattia, D., Sacchetti, G., Neri, L., Mastrocola, D., Pittia, P. 2020. Physical and Sensory Properties of Mayonnaise Enriched with Encapsulated Olive Leaf Phenolic Extracts, *Foods*, 9, 1-12.
- Frankel, E. N. 1984. Lipid oxidation: Mechanisms, products and biological significance, *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 61 (12), 1908–1917.
- Frankel, E. N., Huang, S. W., Kanner, J. and German, J. B. 1994. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils vs emulsions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 42(5), 1054-1059.
- Frankel, E. N., Huang, S. W., Aeschbach, R. 1997. Antioxidant activity of green teas in different lipid systems *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74 (10), 1309–1315.
- Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M.-E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M. and Dumoulin, E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75 (1): 27-35.
- García-Segovia, P., Igual, M., and Martínez-Monzó, J. 2021. Beetroot microencapsulation with pea protein using spray drying: Physicochemical, structural and functional properties. *Applied Sciences*, 11(14), 6658.
- Garrido, I., Monagas, M., Gómez-Cordovés, C. and Bartolomé, B. 2008. Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: influence of industrial processing. *Journal of Food Science*, 73(2), C106-C115.
- Genot, C., Kabri, T. H. and Meynier, A. 2013. “Stabilization of omega-3 oils and enriched foods using emulsifiers”, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 150-193.
- Ghafoor, K., Park, J. and Choi, Y.H. 2010. Optimization of supercritical fluid extraction of bioactive compounds from grape (*Vitis labrusca* B.) peel by using response surface methodology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11 (3): 485-490.
- Gharavi, N., Haggarty, S., and S El-Kadi, A. O. 2007. Chemoprotective and carcinogenic effects of tert-butylhydroquinone and its metabolites. *Current drug metabolism*, 8(1), 1-7.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview, *Food Research International*, 40, 1107–1121.

- Ghorbani Gorji, S., Smyth, H.E., Sharma, M. and Fitzgerald, M. 2016. Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants: A review, *Trends Food Sci Technol*, 56, 88–102.
- Ghorbani Gorji, S. 2018. Identifying natural products for improving shelf life of mayonnaise, PhD Thesis, The University of Queensland, Australia, 176.
- Ghorbani Gorji, S., Calingacion, M., Smyth, H.E. and Fitzgerald, M. 2019. Effect of natural antioxidants on lipid oxidation in mayonnaise compared with BHA, the industry standard, *Metabolomics*, 15, 106.
- Gökmen, V., Serpen, A. and Fogliano, V. 2009. Direct measurement of the total antioxidant capacity of foods: the 'QUENCHER' approach. *Trends in Food Science & Technology*, 20(6-7), 278-288.
- Gölükçü, M. 2006. Bazı avokado (*Persea americana* mill.) çeşitlerinin püre üretimine uygunluklarının belirlenmesi ve ürün stabilitesi üzerine depolama sıcaklığının etkisi, Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Göncüoğlu Taş, N. and Gökmen, V. 2015. Bioactive compounds in different hazelnut varieties and their skins, *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 203–208.
- Göncüoğlu Taş, N. and Gökmen, V. 2017. Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: a brief review, *Current Opinion in Food Science*, 14, 103–109.
- Gümüş, C.E. 2017. Utilization of natural emulsifiers and their derivatives to formulate emulsion-based delivery systems for hydrophobic nutraceuticals, PhD Thesis, University of Massachusetts Amherst, Massachusetts, ABD, 205.
- Gümüş, C. E., Decker, E. A. and McClements, D. J. 2017. Impact of legume protein type and location on lipid oxidation in fish oil-in-water emulsions: Lentil, pea, and faba bean proteins, *Food Research International*, 100, 175–185.
- Halliwell, B. 1990. How to characterize a biological antioxidant. *Free radical research communications*, 9(1), 1-32.
- Harrison, L. J., Cunningham F. E. 1983. Factors Influencing the Quality of Mayonnaise: a Review, *Journal of Food Quality*, 8 (1), 1–20.
- Hermund, D. B., Yeşiltaş, B., Honold, P., Jónsdóttir, R., Kristinsson, H. G., Jacobsen, C. 2015. Characterisation and antioxidant evaluation of Icelandic *F. vesiculosus* extracts *in vitro* and in fish-oil-enriched milk and mayonnaise, *Journal of Food Functional Foods*, 19, 828-841.
- Hider, R. C., Liu, Z. D. and Khodr, H. H. 2001. Metal Chelation of Polyphenols, *Methods In Enzymology*, 335, 190-202.
- Ho, T. M., Chan, S., Yago, A. J., Shravya, R., Bhandari, B. R. and Bansal, N. 2019. Changes in physicochemical properties of spray-dried camel milk powder over accelerated storage. *Food chemistry*, 295, 224-233.
- Huang, S. W. And Frankel, E. N. 1997. Antioxi-ciant Activity of Tea Catechins in Different Lipid Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (8), 3033–3038.

- Irakli, M., Chatzopoulou, P. and Ekateriniadou, L. 2018. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds: Oleuropein, phenolic acids, phenolic alcohols and flavonoids from olive leaves and evaluation of its antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 124, 382-388.
- Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Lund, P., Meyer, A. S., Adler-Nissen, J., Holstborg, J. and Hølmer, G. 1999. Oxidation in fish-oil-enriched mayonnaise: 1. Assessment of propyl gallate as an antioxidant by discriminant partial least squares regression analysis, *European Food Research and Technology*, 210 (1), 13–30.
- Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Thomsen, M. K., Hansen, L. F., Lund, P., Skibsted, L.H., Hølmer, G., Adler-Nissen, J. and Meyer, A. S. 2001. Lipid oxidation in fish oil enriched mayonnaise: Calcium disodium ethylenediaminetetraacetate, but not gallic acid, strongly inhibited oxidative deterioration, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (2), 1009–1019.
- Jacobsen, C., Let, M. B., Nielsen, N.S. and Meyer, A. S. 2008. Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with n-3 polyunsaturated lipids: a comparative evaluation, *Trends in Food Science & Technology*, 19, 76-93.
- Jansen-Alves, C., Maia, D. S., Krumreich, F. D., Crizel-Cardoso, M. M., Fioravante, J. B., da Silva, W. P. and Zambiasi, R. C. 2019. Propolis microparticles produced with pea protein: Characterization and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities. *Food Hydrocolloids*, 87, 703-711.
- Kaushik, V. and Roos, Y. H. 2007. Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic–sucrose–gelatin systems. *LWT-Food Science and Technology*, 40(8), 1381-1391.
- Kiokias, S., Gordon, M. H. and Oreopoulou, V. 2017. Effects of composition and processing variables on the oxidative stability of protein-based and oil-in-water food emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (3), 549–558.
- Kishk, Y. F. M. and Elsheshetawy, H. E. 2013. Effect of ginger powder on the mayonnaise oxidative stability, rheological measurements, and sensory characteristics. *Annals of Agricultural Sciences*, 58 (2), 213–220.
- Kobayashi, H., Oikawa, S., Hirakawa, K., and Kawanishi, S. 2004. Metal-mediated oxidative damage to cellular and isolated DNA by gallic acid, a metabolite of antioxidant propyl gallate. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 558(1-2), 111-120.
- Koç, M. 2015. Farklı kurutma yöntemleri ile bal tozu üretim koşullarının optimize edilmesi ve depolama stabilitesinin belirlenmesi, Doktora tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 202 s.
- Koçak, S. 2006. Mayonezde mikrobiyolojik raf ömrü, Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 59 s.

- Komaç, F. 2018. Düşük Kolesterol ve Yağ İçerikli Mayonez Üretiminde Avokado Püresinin Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 79 s.
- Kitrytė, V., Šaduikis, A. and Venskutonis, P. R. 2015. Assessment of antioxidant capacity of brewer's spent grain and its supercritical carbon dioxide extract as sources of valuable dietary ingredients. *Journal of Food Engineering*, 167, 18-24.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. and Lee, D.U. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15 (5): 261-266.
- Kuck, L. S. and 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 chemistry*, 194, 569-576.
- Kurtulbaş, E., Bilgin, M. and Şahin, S. 2018. Assessment of lipid oxidation in cottonseed oil treated with phytonutrients: Kinetic and thermodynamic studies. *Industrial Crops and Products*, 124, 593-599.
- Kutlu, G. 2021. Ruşeym yağının nanoenkapsülasyonu ve gıdalarda kullanım olanaklarının artırılması. Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 182 s.
- Kwon, H., Ko, J. H., Shin and H. S. 2015. Evaluation of Antioxidant Activity and Oxidative Stability of Spice-added Mayonnaise, *Food Sci. Biotechnol*, 24 (4), 1285-1292.
- Laguerre, M., Bayrasy, C., Panya, A., Weiss, J., McClements, D. J., Lecomte, J., Decker, E. A. and Villeneuve, P. 2015. What Makes Good Antioxidants in Lipid-Based Systems? The Next Theories Beyond the Polar Paradox, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (2), 183-201.
- Li, Y., Seacat, A., Kuppusamy, P., Zweier, J. L., Yager, J. D. and Trush, M. A. 2002. Copper redox-dependent activation of 2-tert-butyl (1, 4) hydroquinone: formation of reactive oxygen species and induction of oxidative DNA damage in isolated DNA and cultured rat hepatocytes. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 518(2), 123-133.
- Li, C. Y., Kim, H. W., Li, H., Lee, D. C., Rhee, H. I. 2014. Antioxidative effect of purple corn extracts during storage of mayonnaise. *Food Chemistry*, 152, 592-596.
- Li, Y., Wu, L., Weng, M., Tang, B., Lai, P., & Chen, J. 2018. Effect of different encapsulating agent combinations on physicochemical properties and stability of microcapsules loaded with phenolics of plum (*Prunus salicina* lindl.). *Powder Technology*, 340, 459-464.
- Lien, D. T. P., Tram, P. T. B. and Toan, H. T. T. 2016. Antioxidant properties of food natural phenolic compounds—A review. *Innovations in Food Research*, 2, 1-5.
- Locatelli, M., Travaglia, F., Coisson, J. D., Martelli, A., Stévigny, C. and Arlorio, M. 2010. Total antioxidant activity of hazelnut skin (Nocciola Piemonte PGI): Impact of different roasting conditions. *Food chemistry*, 119(4), 1647-1655.

- Locatelli, M., Coisson, J. D., Travaglia, F., Bordiga, M. and Arlorio, M. 2015. Impact of roasting on identification of hazelnut (*Corylus avellana* L.) origin: a chemometric approach. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(32), 7294-7303.
- Lu, Y., Zhang, J., Wang, X., Lin, Q., Liu, W., Xie, X. and Guan, W. 2016. Effects of UV-C irradiation on the physiological and antioxidant responses of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(6), 1502-1508.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S. 2006. Flavour encapsulation and controlled release -a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 1–21.
- Mahdi, A. A., Mohammed, J. K., Al-Ansi, W., Ghaleb, A. D., Al-Maqtari, Q. A., Ma, M. and Wang, H. 2020. Microencapsulation of fingered citron extract with gum arabic, modified starch, whey protein, and maltodextrin using spray drying. *International journal of biological macromolecules*, 152, 1125-1134.
- Maqsood, S. and Benjakul, S. 2010. Comparative studies of four different phenolic compounds on in vitro antioxidative activity and the preventive effect on lipid oxidation of fish oil emulsion and fish mince, *Food Chemistry*, 119 (1), 123–132.
- Martillanes, S., Rocha-Pimienta, J., Gil, M. V., Ayuso-Yuste, M. C. and Delgado-Adámez, J. 2020. Antioxidant and antimicrobial evaluation of rice bran (*Oryza sativa* L.) extracts in a mayonnaise-type emulsion. *Food Chemistry*, 308, 125633, 1-7.
- Martínez-Tomé, M., Jiménez, A. M., Ruggieri, S., Frega, N., Strabbioli, R. and Murcia, M. A. 2001. Antioxidant Properties of Mediterranean Spices Compared with Common Food Additives, *Journal of Food Protection*, 64 (9), 1412–1419.
- Martins, S. I., Jongen, W. M. and Van Boekel, M. A. 2000. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in food science & technology*, 11(9-10), 364-373.
- Maruyama, S., Streletskaia, N. A., and Lim, J. 2021. Clean label: Why this ingredient but not that one?. *Food Quality and Preference*, 87, 104062.
- Matveev, Y. I., Grinberg, V. Y., Sochava, I. V. and Tolstoguzov, V. B. 1997. Glass transition temperature of proteins. Calculation based on the additive contribution method and experimental data. *Food Hydrocolloids*, 11(2), 125-133.
- McClements, D.J. and Gunasekaran, S. 1997. Ultrasonic characterization of foods and drinks: Principles, methods, and applications. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37 (1): 1-46.
- McClements, D. J. and Decker, E. A. 2000. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems, *Journal of Food Science*, 65 (8), 1270–1282.

- McClement, D. J. and Gümüş, C. E. 2016. Natural emulsifiers-Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance, *Advances in Colloid and Interface Science*, 234, 3-26.
- Mei, L., McClements, D. J. and Decker, E. A. 1999. Lipid oxidation in emulsions as affected by charge status of antioxidants and emulsion droplets, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (6), 2267–2273.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P. R. and Van Beek, T. A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.
- Min, D. B., and Tickner, D. B. 1982. Preliminary gas chromatographic analysis of flavor compounds in mayonnaise. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 59(5), 226-228.
- Mirzaei, M., Emam-Djomeh, Z. and Askari, G. 2021. Spray-drying microencapsulation of anthocyanins of black seedless barberry (*Berberis vulgaris*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(10), e15858.
- Monagas, M., Garrido, I., Lebron-Aguilar, R., Gómez-Cordovés, M. C., Rybarczyk, A., Amarowicz, R. and Bartolome, B. 2009. Comparative flavan-3-ol profile and antioxidant capacity of roasted peanut, hazelnut, and almond skins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(22), 10590-10599.
- Nadeem, H. Ş., Torun, M. and Özdemir, F. 2011. Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT-Food Science and Technology*, 44(7), 1626-1635.
- Nakagawa, Y., Nakajima, K., Moore, G. and Moldéus, P. 1994. On the mechanisms of 3-tert-butyl-4-hydroxyanisole-and its metabolites-induced cytotoxicities in isolated rat hepatocytes. *European Journal of Pharmacology: Environmental Toxicology and Pharmacology*, 270(4), 341-348.
- Nakagawa, Y. and Tayama, S. (1995). Cytotoxicity of propyl gallate and related compounds in rat hepatocytes. *Archives of toxicology*, 69(3), 204-208.
- Nakagawa, Y., Nakajima, K., Tayama, S. and Moldeus, P. 1995. Metabolism and cytotoxicity of propyl gallate in isolated rat hepatocytes: effects of a thiol reductant and an esterase inhibitor. *Molecular pharmacology*, 47(5), 1021-1027.
- Nakagawa, Y., Moldéus, P. and Moore, G. A. 1996. Relationship between mitochondrial dysfunction and toxicity of propyl gallate in isolated rat hepatocytes. *Toxicology*, 114(2), 135-145.
- Nguyen, D. Q., Nguyen, T. H., Mounir, S. and Allaf, K. 2018. Effect of feed concentration and inlet air temperature on the properties of soymilk powder obtained by spray drying. *Drying technology*, 36(7), 817-829.
- Nicoli, M. C., Anese, M. and Parpinel, M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3), 94-100.

- Nuchi, C. D., Hernandez, P., McClements, D. J. and Decker, E. A. 2002. Ability of lipid hydroperoxides to partition into surfactant micelles and alter lipid oxidation rates in emulsions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(19), 5445–5449.
- Odabaş, H. İ. 2013. Farklı yöntemlerle fındık zarından antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 114 s.
- Odabaş, H. İ. and Koca, I. 2016. Application of response surface methodology for optimizing the recovery of phenolic compounds from hazelnut skin using different extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 91, 114-124.
- Oikawa, S., Nishino, K., Oikawa, S., Inoue, S., Mizutani, T. and Kawanishi, S. 1998. Oxidative DNA damage and apoptosis induced by metabolites of butylated hydroxytoluene. *Biochemical pharmacology*, 56(3), 361-370.
- Okubo, T., Yokoyama, Y., Kano, K. and Kano, I. 2003. Cell death induced by the phenolic antioxidant tert-butylhydroquinone and its metabolite tert-butylquinone in human monocytic leukemia U937 cells. *Food and chemical toxicology*, 41(5), 679-688.
- Özdemir, N. 2019. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Uçucu yağının püskürterek kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyonu ve model üründe uygulanması. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 119 s.
- Özdemir, M., and Devres, O. (2000). Analysis of color development during roasting of hazelnuts using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 45(1), 17-24.
- Özdemir, M., Açıktur, F., Yıldız, M., Biringen, G., Gürcan, T. and Löker, M. 2001. Effect of roasting on some nutrients of hazelnuts (*Corylus Avellana* L.). *Food Chemistry*, 73(2), 185-190.
- Özdemir, K. S., Yılmaz, C., Durmaz, G. and Gökmen, V. 2014. Hazelnut skin powder: A new brown colored functional ingredient, *Food Research International*, 65, 291–297.
- Özdikicierler, O., Dirim, N. and Pazır, F. 2019. Modeling and optimization of the spray drying parameters for soapwort (*Gypsophila* Sp.) extract. *Food Science and Biotechnology*, 28(5), 1409-1419.
- Özgüner-Kabak, M. 2019. Meyan kökünde bulunan bazı biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu üzerine farklı yöntemlerin etkisinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 70 s.
- Özyurt, V. H. and Ötles, S. 2018. Hazelnut testa as a by-product: Nutritional composition, antioxidant activity, phenolic compound profile and dietary fiber content, *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 42 (3), 38–57.
- Papoutsis, K., Golding, J. B., Vuong, Q., Pristijono, P., Stathopoulos, C. E., Scarlett, C. J. and 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.
- Pashazadeh, H., Zannou, O., Ghellam, M., Koca, I., Galanakis, C. M. and Aldawoud, T. M. 2021. Optimization and Encapsulation of Phenolic Compounds Extracted

- from Maize Waste by Freeze-Drying, Spray-Drying, and Microwave-Drying Using Maltodextrin. *Foods*, 10(6), 1396.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M. and Brighenti, F. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *The Journal of nutrition*, 133(9), 2812-2819.
- Pellicer, J. A., Fortea, M. I., Trabal, J., Rodríguez-López, M. I., Gabaldón, J. A. and Núñez-Delicado, E. 2019. Stability of microencapsulated strawberry flavour by spray drying, freeze drying and fluid bed. *Powder Technology*, 347, 179-185.
- Pelvan, E., Alasalvar, C. and Uzman, S. 2012. Effects of roasting on the antioxidant status and phenolic profiles of commercial Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(5), 1218-1223.
- Pelvan, E., Olgun, E. Ö., Karadağ, A. and Alasalvar, C. 2018. Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin). *Food chemistry*, 244, 102-108.
- Peng, T., Zhang, X., Huang, Y., Zhao, Z., Liao, Q., Xu, J., Huang, Z., Zhang, J., Wu, C.Y. and Pan, X. 2017. Nanoporous mannitol carrier prepared by non-organic solvent spray drying technique to enhance the aerosolization performance for dry powder inhalation. *Scientific reports*, 7: 46517.
- Pereira, C., Barros, L. and Ferreira, I. C. 2016. Extraction, identification, fractionation and isolation of phenolic compounds in plants with hepatoprotective effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(4), 1068-1084.
- Piechowiak, T., Grzelak-Błaszczuk, K., Bonikowski, R., and Balawejder, M. 2020. Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT*, 117, 108614.
- Piyasena, P., Mohareb, E. and McKellar, R. 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International journal of food microbiology*, 87 (3): 207-216
- Pokorný, J. 2007. Are natural antioxidants better—and safer—than synthetic antioxidants?. *European journal of lipid science and technology*, 109(6), 629-642.
- Porter, W.L. 1980. Recent trends in food applications of antioxidants. In *Autoxidation in Food and Biological Systems*. Simic M.G, Karel, M. New York: Plenum Press. 295-365
- Porter, W.L., Black, E.B. and Drolet, A.M. 1989. Use of polyamide oxidative fluorescence test on lipid emulsions: contrast in relative effectiveness of antioxidants in bulk versus dispersed systems, *J. Agric. and Food Chern*, 37, 615-624.
- Priol L., Dagmey A., Morandat S., Saleha K., El Kirat K. and Nesterenk 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.

- Quintero, J., Rojas, J. and Ciro, G. 2018. Vegetable proteins as potential encapsulation agents: A review, *Food Research*, 2 (3), 208–220.
- Rafiee, Z., Barzegar, M., Sahari, M. A. and Maherani, B. 2018. Nanoliposomes Containing Pistachio Green Hull's Phenolic Compounds as Natural Bio-Preservatives for Mayonnaise, 120, 1–9.
- Raikos, V., McDonagh, A., Ranawana, V., Duthie G. 2016. Processed beetroot (*Beta vulgaris* L.) as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes, *Food Science and Human Wellness*, 5 (4), 191-198
- Ramarathnam, N., Osawa, T., Ochi, H., Kawakishi, S. 1995. The contribution of plant food antioxidants to human health, *Trends in Food Science & Technology*, 6, 75-82.
- Rasmy, N.M., Hassan, A.A., Foda, M.I., El-Moghazy, M. M. 2012. Assessment of the Antioxidant Activity of Sage (*Salvia officinalis* L.) Extracts on the Shelf Life of Mayonnaise, *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 7 (1), 28-40.
- Reineccius, G. A. 2004. The spray drying of food flavors. *Drying Technology*, 22 (6), 1289–1324.
- Ricci, A., Mejia, J. A. A., Versari, A., Chiarello, E., Bordoni, A. and Parpinello, G. P. 2022. Microencapsulation of polyphenolic compounds recovered from red wine lees: Process optimization and nutraceutical study. *Food and Bioproducts Processing*, 132, 1-12.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., and Paganga, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free radical biology and medicine*, 20(7), 933-956.
- Rice-Evans CA, Miller N. and Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2:152–9.
- Rohilla, S., and Mahanta, C. L. 2021. Optimization of extraction conditions for ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from tamarillo fruit (*Solanum betaceum*) using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1763-1773.
- Saklar, S., Urgan, S., and Katnas, S., 2003. Microstructural changes in hazelnuts during roasting, *Food Research International*, 36 (1), 19–23.
- Sang, S., Lapsley, K., Jeong, W. S., Lachance, P. A., Ho, C. T. and Rosen, R. T. 2002. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus* Batsch). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2459-2463.
- Santos, N. A., Cordeiro, A. M., Damasceno, S. S., Aguiar, R. T., Rosenhaim, R., Carvalho Filho, J. R. and Souza, A. G. 2012. Commercial antioxidants and thermal stability evaluations. *Fuel*, 97, 638-643.
- Sargi, S. C., Silva, B. C., Santos, H. M. C., Montanher, P. F., Boeing, J. S., Santos Júnior, O. O. and Visentainer, J. V. 2013. Antioxidant capacity and chemical

- composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Food Science and Technology*, 33, 541-548.
- Schmitzer, V., Slatnar, A., Veberic, R., Stampar, F. and Solar, A. 2011. Roasting affects phenolic composition and antioxidative activity of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Journal of food science*, 76(1), S14-S19.
- Serpen, A., Capuano, E., Fogliano, V. and Gökmen, V. 2007. A new procedure to measure the antioxidant activity of insoluble food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7676-7681.
- Serpen, A., Gökmen, V., Pellegrini, N. and Fogliano, V. 2008. Direct measurement of the total antioxidant capacity of cereal products. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 816-820.
- Shabbir, M.A., Iftikhar, F., Khan, M.R., Murtaza, M.A., Saeed, M. and Mahmood, S., Siraj, N. 2015. Effect of sesame sprouts powder on the quality and oxidative stability of mayonnaise, *Journal of Food and Nutrition Research*, 3 (3), 138-145.
- Shahidi, F. and Zhong, Y. 2005. Lipid oxidation: measurement methods, *Bailey's industrial oil and fat products*, 51.
- Shahidi, F., Alasalvar, C. and Liyana-Pathirana, C. M. 2007. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(4), 1212–1220.
- Shahidi, F., and Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of functional foods*, 18, 820-897.
- Sharif, H. R., Williams, P. A., Sharif, M. K., Abbas, S., Majeed, H., Masamba, K. G., Safdar, W. and Zhong, F. 2018. Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants – A review, *Food Hydrocolloids*, 76, 2–16.
- Sheng, Z., Zhao, J., Muhammad, I. and Zhang, Y. 2018. Optimization of total phenolic content from *Terminalia chebula* Retz. fruits using response surface methodology and evaluation of their antioxidant activities. *PloS one*, 13(8).
- Silvestre, M. P. C., Chaiyasit, W., Brannan, R. G., McClements, D. J. and Decker, E. A. 2000. Ability of surfactant headgroup size to alter lipid and antioxidant oxidation in oil-in-water emulsions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (6), 2057–2061.
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M. and Knez, Ž. 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89(2), 191–198.
- Šulniūtė, V., Ragažinskienė, O. And Venskutonis, P. R. 2016. Comprehensive evaluation of antioxidant potential of 10 salvia species using high pressure methods for the isolation of lipophilic and hydrophilic plant fractions. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(1), 64-71.
- Şahin, S. 2019. Doğal Katkı Maddelerinin Bitkisel Yağların Stabilitelerine Etkileri. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(1), 61-68.

- Taş, N. 2017. Investigation of chemical reactions in hazelnut induced by roasting. PhD Thesis, University of Hacettepe, Ankara, 161 p.
- Tezel, Ö., Yıldız, E. 2020. Sürdürülebilir Atık Yönetimi Uygulamalarında Dünya ve Türkiye Karşılaştırması: Edikab Örneği, *Social Sciences Research Journal*, 9 (2), 35-48.
- Thomsen, M. K., Jacobsen, C. and Skibsted, L. H. 2000. Mechanism of initiation of oxidation in mayonnaise enriched with fish oil as studied by electron spin resonance spectroscopy, *European Food Research and Technology*, 211 (6), 381–386.
- Tian, L., Kejing, Y., Zhang, S., Yi, J., Zhu, Z., Decker, E. A. and McClements, D. J. 2021. Impact of tea polyphenols on the stability of oil-in-water emulsions coated by whey proteins, *Food Chemistry*, 343, 1-9.
- Tontul, İ. 2011. Keten tohumu yağının püskürterek kurutmayla mikroenkapsülasyonu üzerine farklı taşıyıcı madde ve emülsiyon uygulamalarının etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 85 s.
- Tontul, I., Topuz, A., Ozkan, C. and Karacan, M. 2016. Effect of vegetable proteins on physical characteristics of spray-dried tomato powders. *Food Science and Technology International*, 22(6), 516-524.
- Tontul, I. and Topuz, A. 2017. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in food science & technology*, 63, 91-102.
- Torun, M. 2008. Dondurarak kurutma teknolojisiyle çözünür (instant) bitki çayı (adaçayı, dağçayı, ıhlamur ve kekik) üretimi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 80 s.
- Torun, M., Dincer, C., Topuz, A., Sahin–Nadeem, H. and Ozdemir, F. 2015. Aqueous extraction kinetics of soluble solids, phenolics and flavonoids from sage (*Salvia fruticosa* Miller) leaves. *Journal of food science and technology*, 52(5), 2797-2805.
- Trouillas, P., Calliste, C. A., Allais, D. P., Simon, A., Marfak, A., Delage, C. and Duroux, J. L. 2003. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative properties of sixteen water plant extracts used in the Limousin countryside as herbal teas. *Food chemistry*, 80(3), 399-407.
- Velioğlu, S. D., Güner, K. G., Velioğlu, H. M. and Çellikyurt, G. 2017. The use of hazelnut testa in bakery products, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14 (3), 127–139.
- Verhagen, H., Schilderman, P. A. and Kleinjans, J. C. 1991. Butylated hydroxyanisole in perspective. *Chemico-biological interactions*, 80(2), 109-134.
- Vidović, S. S., Vladić, J. Z., Vaštag, Ž. G., Zeković, Z. P. and Popović, L. M. 2014. Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in *Satureja montana* dry powder extract obtained by spray drying technique. *Powder technology*, 258, 209-215.
- Villiere, A., Viau, M., Bronnec, I., Moreau, N., and Genot, C. 2005. Oxidative stability of bovine serum albumin- and sodium caseinate-stabilized emulsions depends on

- metal availability, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (5), 1514–1520.
- Xu, X., Liu, A., Hu, S., Ares, I., Martínez-Larrañaga, M. R., Wang, X. and Martínez, M. A. 2021. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food Chemistry*, 353, 129488.
- Yağcı, S., Altan, A., Göğüş, F. and Maskan, M. 2006. Gıda Atıklarının Alternatif Kullanım Alanları, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 499–502.
- Yang, D., Wang, X. Y. and Lee, J. H. (2015). Effects of flavonoids on physical and oxidative stability of soybean oil O/W emulsions. *Food Science and Biotechnology*, 24(3), 851-858.
- Yang, X., Song, W., Liu, N., Sun, Z. Liu, R., Liu, Q.S., Zhou, Q. and Jiang, G. 2017. Synthetic Phenolic Antioxidants Cause Perturbation in Steroidogenesis *In Vitro* and *In Vivo*, *Environmental Science & Technology*, 1-38.
- Yılmaz, T. 2015. Bitkisel ürünlerden polisakkarit ekstraksiyonunda ultrason kullanımının optimizasyonu, Doktora tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 165 s.
- Yu, R., Mandekar, S. and Kong, A. N. T. 2000. Molecular mechanisms of butylated hydroxyanisole-induced toxicity: Induction of apoptosis through direct release of cytochrome c. *Molecular pharmacology*, 58(2), 431-437.
- Yuji, H., Weiss, J., Villeneuve, P., Giraldo, L. J. L., Figueroa-Espinoza, M. C. and Decker, E. A. 2007. Ability of surface-active antioxidants to inhibit lipid oxidation in oil-in-water emulsion, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (26), 11052–11056.
- Zhou, L. and Elias, R. J. 2013. Antioxidant and pro-oxidant activity of (-)-epigallocatechin-3-gallate in food emulsions: Influence of pH and phenolic concentration, *Food Chemistry*, 138 (2–3), 1503–1509.

ÖZGEÇMİŞ

MERVE ÖZDEMİR

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2013-2018	Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

Aykın-Dinçer, E., Özdemir, M. and Topuz, A. 2021. Quality characteristics of bone broth powder obtained through Refractance Window™ drying. *LWT*, 147, 111526.

Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

Güngör, K. K., Coşgun, G., Özdemir, M. and Torun, M. 2022. Zerdeçalın su ile ekstraksiyonunda ultrases işleminin etkisi ve elde edilen ekstraktın püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsülasyon koşullarının optimizasyonu. *Gıda*, 47(1), 107-120.