

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



**ÇÖREK OTUNUN (*Nigella sativa* L.) BİYOAKTİF
MADDELERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE
ENKAPSÜLASYONU VE AYRAN ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

Doktora Tezi

Serkan ÖMÜR

Danışman

Prof. Dr. Fehmi YAZICI

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından MUH.1904.23.005 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN

2024

TEZ KABUL VE ONAYI

Serkan ÖMÜR tarafından, Prof. Dr. Fehmi YAZICI danışmanlığında hazırlanan “Çörek Otuunun (*Nigella sativa* L.) Biyoaktif Maddelerinin Farklı Yöntemlerle Enkapsülasyonu ve Ayran Üretiminde Kullanımı” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 31/07/2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Hasan TEMİZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Fehmi YAZICI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Nihan KAYA Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç Dr. İlyas ATALAR Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU Amasya Üniversitesi Gıda İşleme Bölümü	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐

Hayır ☒

31/07/2024
Serkan ÖMÜR

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: ÇÖREK OTUNUN (*Nigella sativa* L.) BİYOAKTİF MADDELERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE ENKAPSÜLASYONU VE AYRAN ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 31/07/2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 27

Tek kaynak oranı : % 5 çıkmıştır.

31/07/2024
Prof. Dr. Fehmi YAZICI

ÖZET

ÇÖREK OTUNUN (*Nigella sativa* L.) BİYOAKTİF MADDELERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE ENKAPSÜLASYONU VE AYRAN ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Serkan ÖMÜR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora, Ocak/2024

Danışman: Prof. Dr. Fehmi YAZICI

Çörek otu (*Nigella sativa* L.) , ülkemizde ve dünyada unlu mamülller, baharat, süt ve ürünleri başta olmak üzere gıda sektöründe yaygın olarak kullanılan ve kullanım potansiyeli giderek artan bir bitki türüdür. Bilimsel araştırmalar sonucunda çörek otu tohumu yapısında bulunan vitaminler, etken maddeler ve elzem yağ asitleri nedeni ile bilim adamları tarafından tüketilmesi tavsiye edilen bir ürün olmuştur. Antiinflatuvar, antiviral, antiallerjik, nöroprotektif, antidiyabetik ve antikanserojen etkileri gözlemlenmiş olan, alternatif tıpta romatizma, kanser, baş ağrısı ve daha birçok hastalığa karşı binlerce yıldır kullanılmakta olan ve ekonomik değeri olarak da önemli olan *Nigella sativa*, Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde yetiştirilmektedir. Çörek otu tohumunun farklı ekstraksiyon koşullarında toplam fenolik madde miktarı ve anktoksidan aktivite analizleri yapılmıştır. Bu amaçla tohum ve çözücü oranı en uygun olacak şekilde belirlenmiş ve farklı sıcaklık, çözücü oranı ve sürelerde ultrasonik dalga destekli ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Öğütücüde küçük parçalar haline getirilen tohum %70 etanol, %50 etanol, %30 etanol ve %100 su içeren çözücü oranı, 40, 50 ve 60 °C sıcaklık ve 30, 45 ve 60 dk sürelerde ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuşlardır. Toplam fenolik madde miktarına göre değerlendirdiğimizde %70 etanol içeren çözücüde, 60 °C sıcaklıkta ultrasonik dalga destekli ve 30 dk süreyle yapılan ekstraksiyonda en yüksek toplam fenolik madde miktarı elde edilmektedir. Ultrason destekli ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstrakta maltodekstrin çözeltisi eklenmiştir. Püskürtmeli kurutucu işlem koşulları; hava giriş sıcaklığı 150, 160 ve 170 °C, Maltodekstrin oranı % 10, 15 ve 20 ve akış hızı 9, 12 ve 15 olacak şekilde deneysel tasarım planlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre çalışmamızda yanıt yüzey yöntemi kullanılarak, püskürtmeli kurutma işlemi için optimum şartları elde etmek

amacıyla toplam fenolik madde miktarı miktarı, Carr İndeks (CI), antioksidan aktivite sistemde yanıt parametreleri (bağımlı değişkenler) olarak seçilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda çörek otu tozu üretimi için optimum kurutma koşulları hava giriş sıcaklığı 165 °C, maltodekstrin oranı % 10 ve akış hızı % 9 olarak tespit edilmiştir.

Ayranlara püskürtmeli kurutucu ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüller ve ekstrakt ilave edilmiştir. Ayranlarda mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyusal testler gerçekleştirilmiştir. Akışkan yataklı sistem ve püskürtmeli kurutucu ile elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde enkapsülasyon işlemi toplam fenolik bileşenler korunmasını sağlamıştır. Depolama süresince ayranların L ve b değeri artarken, a değerinde azalma gerçekleşmiş, laktobasil, streptokok ve toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayılarında azalma görülmüştür. Koliform grubu mikroorganizmaya rastlanılmaması ayran üretimin hijyenik şartlarda olduğunu göstermektedir.

Kontrol örneği panelistler tarafından görünüm, renk, kıvam, tat-aroma, koku ve genel beğeni bakımından değerlendirmeleri sonucunda en yüksek puanları almıştır. Tüm örneklerde ilave edilen ekstrakt ve mikrokapsül miktarı arttıkça ve depolamanın her haftasında puanlarda azalma görülmüştür.

Timokinon miktarı en yüksek akışkan yataklı kurutucuda elde edilen mikrokapsülün ilave edildiği ayran örneğinde 4.14 mg/L düzeyinde tespit edilmiştir. Bu çalışma ile biyoaktif olarak önemli olan çörek otunun enkapsülasyon teknikleri ile fonksiyonel bir ürün üretimi gerçekleşmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çörek otu, Biyoaktif bileşen, Püskürtmeli kurutma, Akışkan yataklı sistem

ABSTRACT

THE ENCAPSULATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS OF BLACK CUMIN (*Nigella sativa* L.) AND USE IN AYRAN PRODUCTION

Serkan ÖMÜR
Ondokuz Mayıs University
Graduate Education Institute
Department of Food Engineering
Doctoral Dissertation, January/2024

Supervisor: Prof. Dr. Fehmi YAZICI

Black cumin (*Nigella sativa* L.) is a plant species that is widely used in the food sector, especially in bakery products, spices, dairy and dairy products in our country and in the world, and its usage potential is increasing. As a result of scientific research, black cumin seed has become a product recommended to be consumed by scientists due to the vitamins, active substances and essential fatty acids in its structure. *Nigella sativa*, which has anti-inflammatory, anti-viral, anti-allergic, neuroprotective, anti-diabetic and anticarcinogenic effects, has been used in alternative medicine for thousands of years against rheumatism, cancer, headache and many other diseases and is also important in terms of economic value, is grown in various regions of Turkey. The total phenolic content and antioxidant activity of black cumin seed were analyzed under different extraction conditions. For this purpose, the ratio of seed and solvent was determined to be the most appropriate and ultrasonic wave assisted extraction was carried out at different temperatures, solvent ratios and times. The seeds, which were ground into small pieces in the grinder, were subjected to extraction at solvent ratios of 70% ethanol, 50% ethanol, 30% ethanol and 100% water, temperatures of 40, 50 and 60 °C and times of 30, 45 and 60 minutes. When evaluated according to the amount of total phenolic matter, the highest amount of total phenolic matter is obtained in 70% ethanol containing solvent, ultrasonic wave assisted extraction at 60 °C temperature for 30 minutes. Maltodextrin solution was added to the extract obtained under ultrasound-assisted extraction conditions. The experimental design was planned as spray dryer process conditions; air inlet temperature 150, 160 and 170 °C, maltodextrin ratio 10, 15 and 20% and flow rate 9, 12 and 15. According to the findings, total phenolic content, Carr Index (CI), antioxidant activity were selected as response parameters

(dependent variables) in order to obtain optimum conditions for spray drying process by using response surface method in our study. The optimum drying conditions for black cumin powder production in the spray dryer were determined as air inlet temperature 165 °C, maltodextrin ratio 10% and flow rate 9%.

Microcapsules obtained by spray dryer and fluidized bed system and extract were added to the ayran. Microbiological, physicochemical and sensory tests were performed on the ayran. The encapsulation process preserved total phenolic compounds in ayran samples to which microcapsules obtained by fluidized bed system and spray dryer were added. During the storage period, the L and b values of the ayran samples increased while the a value decreased, and the number of lactobacillus, streptococcus and total aerobic mesophilic bacteria decreased. No coliform group microorganisms were found, indicating that ayran production was under hygienic conditions.

The control sample received the highest scores by the panelists in terms of appearance, color, consistency, taste, odor and general taste. In all samples, the scores decreased as the amount of extract and microcapsules added increased and at each week of storage.

The highest amount of thymoquinone was 4.14 mg/L in the ayran sample to which the microcapsule obtained in the fluidized bed dryer was added.. In this study, a functional product was produced by encapsulation techniques of black cumin, which is bioactively important.

Keywords: Black cumin, Bioactive component, Spray drying, Fluidized bed system

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında desteğini hissettiğim, bana akademik yolda yol gösteren ve beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Fehmi YAZICI'ya teşekkür ederim. Tezimin gelişmesi ve yapılabilirliği konusunda bana destek olan tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Hasan TEMİZ ve Prof. Dr. Nihan KAYA'ya, tez jürisi üyeleri Doç. Dr. İlyas ATALAR ve Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU'na teşekkür ederim.

Tezimin başarılı bir şekilde gerçekleşmesinde fikirleri ve yönlendirmeleriyle bana destek olan Öğr. Gör. Dr. Alime CENGİZ, Arş. Gör. Dr. Ayşegül BEŞİR ÖZGEÇEN'e, yardımını esirgemeyen Doç. Dr. Mustafa MORTAŞ, Doç. Dr. Nilgün ÖZDEMİR ve Arş. Gör. Elif Gülşen KARABACAK'a teşekkür ederim. Ayrıca laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan doktora öğrencisi Serhan Abdullah MUHAMMED, Beyza KABA ve yüksek lisans öğrencisi Elif BEK'e teşekkür ederim.

Bütün eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen babam Azmi ÖMÜR'e ve annem Emine ÖMÜR'e,

Bu süreçte maddi ve manevi her konuda bana yardım eden, en zor anlarımda dahi sabırla, sevgiyle ve samimiyetle yanımda olan sevgili eşim Nihal ÖMÜR'e teşekkür ederim.

Son olarak varlığıyla bana güç veren kızım Deniz ÖMÜR'e sevgilerimle...

Ayran üretimlerinin yapıldığı Otat Gıda Sanayi ve Limited Şirketi'ne desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Bu tez çalışması PYO.MUH.1904.23.005 nolu Bilimsel Araştırma Projesi olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Çörek Otu.....	3
2.2. Genel Özellikleri	4
2.3. Timokinon.....	7
2.4. Çörek Otunun Biyolojik ve Farmakolojik Etkileri.....	10
2.5. Ekstraksiyon (Bitki Özütleme) Yöntemleri	17
2.6. Enkapsülasyon	20
2.7. Enkapsülasyon Yöntemleri	21
2.7.1. Püskürterek Kurutma Yöntemi	21
2.7.2. Dondurarak Kurutma Yöntemi	22
2.7.3. Koaservasyon Yöntemi	23
2.7.4. Kokristalizasyon Yöntemi.....	23
2.7.5. Lipozom Tutuklama Yöntemi.....	23
2.7.6. Ekstrüzyon Yöntemi.....	24
2.7.7. Akışkan Yatakta Kaplama Yöntemi.....	24
2.8. Kaplayıcı Maddeler ve Özellikleri	26
2.8.1. Maltodekstrin	26
2.8.2. Gam Arabik.....	27
2.8.3. Peynir Altı Suyu Proteinleri	27
2.8.4. Aljinat.....	28
2.9. Ayran.....	28
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
3.1. Materyal	31
3.2. Yöntem.....	31
3.2.1. Ekstraksiyon Koşullarının Belirlenmesi	31
3.2.2. Çörek Otu Tozu Optimizasyonu	32
3.2.3. Çörek Otunun Enkapsülasyonu.....	34
3.2.4. Kapsül ve Ekstraktların Ayran Üretiminde Kullanımı.....	36
3.2.5. Tohumda Yapılan Analizler	36
3.2.6. Ekstraktlarda Yapılan Analizler	37
3.2.7. Kapsüllerde Yapılan Analizler	38
3.2.8. Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayranlarda Yapılan Analizler.....	41
3.3. İstatistiksel Analiz.....	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
4.1. Uygun Ekstraksiyon Koşullarının Seçilmesi	45
4.1.1. Çözücü Çeşidinin Ekstraktların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi.....	45

4.1.2.	Sıcaklığın Ekstraktların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi	46
4.1.3.	Sürenin Ekstraktların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi	47
4.2.	Ekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonu	49
4.2.1.	Optimizasyon Çalışması	49
4.2.2.	Model Uygunsuzluğunun Belirlenmesi.....	50
4.2.3.	Optimum Noktaların Belirlenmesi ve Doğruluğunun Sağlanması	51
4.2.4.	Verim.....	51
4.3.	Çörek Otu Ekstraktlarının Enkapsülasyonu	58
4.3.1.	Enkapsülasyon Yönteminin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi	59
4.3.2.	Enkapsülasyon Yönteminin Renk Değerleri Üzerine Etkisi.....	59
4.3.3.	Enkapsülasyon Yönteminin FTIR Özellikleri Üzerine Etkisi.....	60
4.3.4.	Enkapsülasyon Yönteminin SEM Görüntüleri Üzerine Etkisi.....	61
4.3.5.	Enkapsülasyon Yönteminin Biyoaktif Bileşen Üzerine Etkisi	63
4.4.	Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayrar Üretiminde Kullanımı.....	67
4.4.1.	Ayrar Üretiminde Kullanılan Sütün Bileşimi.....	67
4.4.2.	Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayrarların Fizikokimyasal Özellikleri	67
4.4.3.	Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayrarların Mikrobiyolojik Özellikleri	80
4.4.4.	Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayrarların Duyusal Özellikleri	87
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
	KAYNAKLAR	100
	EKLER	113
	ÖZGEÇMİŞ.....	114

SİMGELER VE KISALTMALAR

a_w	Su aktivitesi
g	Gram
kg	Kilogram
%	Yüzde
mg	Miligram
GAE	Gallik Asit Eşdeğer
mL	Mililitre
μ L	Mikrolitre
$^{\circ}$ C	Santigrat
SYA	Serbest yağ asidi
sa	Saat
dk	Dakika
EtOH	Etanol
MD	Maltodekstrin
TAMB	toplam aerobik mezofilik mikroorganizma
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
Kob	Koloni oluşturan birim
LAB	Laktik asit bakterisi
PBS	Fosfat tampon çözeltisi
ROS	Reaktif oksijen türevleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çörek otu bitkisi ve tohumu	3
Şekil 2.2. Timokinon molekülü	8
Şekil 2.3. Püskürterek Kurutma Sistemi	22
Şekil 2.4. Akışkan yataklı kaplama sistemleri.....	26
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan püskürtmeli kurutucu	33
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan akışkan yataklı kurutucu	35
Şekil 4.1. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi: sıcaklık- maltodekstrin oranı	54
Şekil 4.2. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi: akış hızı- sıcaklık oranı	54
Şekil 4.3. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının antioksidan aktivite üzerindeki etkisi: akış hızı- sıcaklık oranı	56
Şekil 4.4. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının antioksidan aktivite üzerindeki etkisi: sıcaklık- maltodekstrin oranı	56
Şekil 4.5. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının Carr İndeks üzerindeki etkisi: sıcaklık- maltodekstrin oranı	58
Şekil 4.6. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının Carr İndeks üzerindeki etkisi: akış hızı- sıcaklık	58
Şekil 4.7. Püskürtmeli kurutucu (a) ve akışkan yataklı kurutucuda (b) elde edilen kapsüllere ait kimyasal bağlar	61
Şekil 4.8. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri	61
Şekil 4.9. Akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri	62
Şekil 4.10. Timokinon standartının kalibrasyon grafiği	63
Şekil 4.11. 500 ppm konsantrasyondaki Timokinon standardının HPLC kromatogramı	63
Şekil 4.12. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüle ait HPLC Kromatogramı	64
Şekil 4.13. Karvakrol standartının kalibrasyon grafiği.....	65
Şekil 4.14. 100 ppm konsantrasyondaki Karvakrol standardının HPLC kromatogramı	65
Şekil 4.15. Çörek otu tohumuna ait HPLC kromatogramı	66

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. <i>Nigella sativa</i> L. tohumunun genel içeriği	5
Tablo 2.2. <i>Nigella sativa</i> L. tohumu yağının doymuş ve doymamış yağ asit bileşenleri	6
Tablo 2.3. <i>Nigella sativa</i> L. tohumunun amino asit bileşimi	6
Tablo 2.4. <i>Nigella sativa</i> L. tohumlarının vitamin içerikleri	7
Tablo 2.5. <i>Nigella sativa</i> L. tohumu uçucu yağının kimyasal bileşenleri	7
Tablo 2.6. <i>Nigella Sativa</i> 'nın antikanser aktivitesinde ileri sürülen mekanizmalar	13
Tablo 3.1. Çörek otunun kimyasal bileşimi	31
Tablo 3.2. Ekstraksiyon için deneme planı	32
Tablo 3.3. Merkezi kompozit deneme planı	34
Tablo 3.4. Merkezi kompozit deneme planı için değişkenler ve seviyeleri	34
Tablo 3.5. Akışkan yataklı sistemde uygulanan çalışma koşulları	36
Tablo 3.6. HPLC analiz koşulları	37
Tablo 4.1. Çözücü çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi	45
Tablo 4.2. Sıcaklığın toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi	47
Tablo 4.3. Sürenin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi	48
Tablo 4.4. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen çörek otu tozlarının merkezi kompozit tasarımının deneysel sonuçları	49
Tablo 4.5. Her bir yanıt üzerine çörek otu tozu ANOVA tablosu	50
Tablo 4.6. Çörek otu tozu istenilirlik fonksiyonuna göre optimum şartlardaki tahmini ve ölçülen değerleri	51
Tablo 4.7. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen çörek otu tozlarının verimi	52
Tablo 4.8. Mikrokapsüllerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları	59
Tablo 4.9. Mikrokapsüllerin L _a ,b değerleri	60
Tablo 4.10. Mikrokapsüllere ait timokinon miktarları	64
Tablo 4.11. Sütün fizikokimyasal analizleri	67
Tablo 4.12. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların pH değeri üzerine etkisi	68
Tablo 4.13. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların titrasyon asitliği üzerine etkisi	69

Tablo 4.14. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi (mg GAE/mL)	71
Tablo 4.15. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların antioksidan aktivite üzerine etkisi	73
Tablo 4.16. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların L değerleri üzerine etkisi.....	75
Tablo 4.17. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların a değeri üzerine etkisi	75
Tablo 4.18. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların b değerleri üzerine etkisi	76
Tablo 4.19. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların timokinon miktarı üzerine etkisi	78
Tablo 4.20. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların maya-küf sayısı üzerine etkisi	81
Tablo 4.21. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların streptokok sayısı üzerine etkisi	83
Tablo 4.22. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların laktobasil sayısı üzerine etkisi.....	84
Tablo 4.23. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların toplam aerobik mezofilik mikroorganizma üzerine etkisi	86
Tablo 4.24. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların görünümü üzerine etkisi.....	88
Tablo 4.25. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların rengi üzerine etkisi	89
Tablo 4.26. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların kıvamı üzerine etkisi	90
Tablo 4.27. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların kokusu üzerine etkisi.....	91
Tablo 4.28. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların tadı üzerine etkisi	92
Tablo 4.29. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların genel beğeni üzerine etkisi	93
Tablo 4.30. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların satın alma tercihi üzerine etkisi	95

1. GİRİŞ

Günümüzde, sıklıkla yaşanmaya başlanan sağlık sorunları toplumların farklı çözüm arayışlarına girmesine sebep olmuştur. Dünyada ve ülkemizde doğal kaynaklı ürünlere olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu yüzden gıda sektörü ve bilim dünyası, besleyici, destekleyici bir rol üstlenen, hastalık risklerini önleyen yeni gıdalar arayışı içindedirler. Fonksiyonel gıdalar; metabolizmanın düzenlenmesinde, biyolojik savunma mekanizmasında, kalp ve damar hastalıkları, kanser, hipertansiyon ve obezite gibi bazı hastalıklarda, fiziksel ve mental koşulları kontrol altına alınmasında ve yaşlanma etkilerini geciktirmede önemli roller üstlenirler (Sheehy ve Morrissey, 1998). Fonksiyonel gıdalar kapsamına giren çörek otu (*Nigella sativa* L.), biyoaktif özellikleri, fizikokimyasal özellikleri, yağ oranının yüksek olması nedeniyle yağ sanayinde ve farmasötik amaçla kullanılmaktadır. İnsan beslenmesindeki önemi çörek otunun fonksiyonel bileşenlerinden dolayı gün geçtikçe artmaktadır.

Ülkemizde; önümüzdeki yıllarda sağlık açısından risk taşımayan ve genelde yüksek oranda yan etki oluşturmeyen bitki kökenli besin destek ürünleri ve fonksiyonel gıdaların çeşitlendirilerek geliştirilmesi ve günlük olarak kullanımının artması beklenmektedir. Sağlık ve beslenme ile ilgili konular, fonksiyonel gıdalar, DPT 12. Kalkınma Planı'nda öncelikli gelişme alanları olarak belirlenmiş ve ivme kazanmamız gereken alanlar ön plana çıkmıştır.

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan püskürtmeli kurutma yöntemi farklı amaç ve yöntemlerle gerçekleştirilen enkapsülasyon tekniklerinden biridir. Bu yöntemde sıvı ürünler hızlı bir şekilde toz ürüne dönüşmekte, ürün kalitesi yüksek ve ekonomik ürünler elde edilmektedir (Bayram vd., 2005). Ürünlerin partikül boyutları küçük olması sebebiyle taşıma ve işleme esnasında diğer maddelerden ayrılması, rekonstitüsyon özelliklerinde bozulmalar ve topaklanma olması nedeniyle bazı problemler oluşabilmektedir. Püskürtmeli kurutma yöntemiyle üretilmiş toz ürünlere akışkan yataklı kurutma işlemi uygulanarak oluşan problemler ortadan kaldırılabilmektedir (Buffo vd., 2002). Akışkan yataklı sistemde, küçük partiküllerin kendi özellikleri kaybolmadan birbirleri ile birleşerek daha büyük boyutta gözenekli partiküllerin (parçacık) oluşturulması sağlanmaktadır (Tikhonova vd., 2014). Bu toz ürünlerin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla; ürünün yapısını ve son kullanım özelliklerini iyileştiren akışkan yataklı sistemler kullanılabilmektedir.

Yüksek gözeneklilik, daha iyi mekanik dirence sahip olması, düşük yoğunluktan dolayı gıda endüstrisinde akışkan yatak sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Püskürtmeli kurutma ve akışkan yatak sisteminin anlaşılması ve kontrolünün sağlanması; proses sırasında oluşabilecek problemlerin giderilmesi, verimliliğin artırılması, maliyet ve zaman açısından önemlidir.

Bu çalışmada yağ ve uçucu yağ oranı yüksek geleneksel olarak kullanılan çörek otu tohumları tercih edilmiştir. Çörek otu tohumu yağ, protein, karbonhidrat, vitamin ve mineralleri içermektedir. İçerdiği biyoaktif bileşikler nedeniyle bu bileşenler içinde yağ oldukça önemlidir. Çörek otunun yağ miktarı ise % 30'un üzerindedir (Sultan vd., 2009; Nergiz ve Ötleş,1993; Cheikh-Rouhou vd., 2007). Tohumların ekstraksiyonu ve sahip olduğu biyoaktif bileşenlerin gıdalarda kullanım olanaklarının yaygınlaşması sağlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; çörek otu etken maddelerinin ekstrakte edilerek bu maddelerin püskürtmeli kurutucu ve akışkan yataklı sistem kullanılarak kapsüllerin üretim ve uygulama temelini oluşturmak ve elde edilen bu ürünlerin ayran örneklerinde kullanılmasını sağlamaktır.

Diğer amaçlar şöyledir;

- a) Mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite ve biyoaktif bileşen miktarının belirlenmesi,
- b) Püskürtmeli kurutucuda proses koşullarının optimizasyonunun sağlanması,
- c) Püskürtmeli kurutma ve akışkan yatak sistemlerinin çörek otu kapsülleri üzerindeki fizikokimyasal etkilerinin tespit edilmesi,
- d) Farklı yöntemlerle elde edilen mikrokapsül örneklerinin ayrana eklenerek gıda stabilitesinin belirlenmesi,
- e) Kapsül ilave edilen ayran örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerinin depolama süresince karşılaştırılması,
- f) Ayrırlara ekstrakt ilave edilerek, kapsül ilave edilen ayrırlarla karşılaştırılmasıdır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Çörek Otu

Düğünçiçeğigiller (*Ranunculacea*) familyasında yer alan, ülkemizde genellikle Afyon, Isparta, Burdur, Çorum ve Konya yörelerinde, dünyada ise Güney Batı Asya, Avrupa, Kuzey Afrika’da yetiştirilen “Çörek otu” olarak bilinen *Nigella sativa* L. tek yıllık otsu bir bitkidir (Khader ve Eckl, 2014; Forouzanfar vd., 2014). Çörek otu bitkisi 20-30 cm uzunlukta, doğrusal mızrak şeklinde yapraklara sahiptir ve 5-10 petalli ve genellikle sarı, beyaz, pembe, soluk mavi ve mor renkli çiçekleri bulunmaktadır. Geniş olan kapsül şeklindeki bitki meyveleri birleşmiş folikülden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Kapsüller yassı, oblong, angular ve huni biçimli, sayıları 3-7 adettir ve 0.2 cm boyundaki ve 0.1 cm genişliğindeki birçok siyah tohum içerir (Forouzanfar vd., 2014). Tatları ilk ağıza alındığında acıdır, bir süre sonra ağızda keskin aromalı ve biber gibi bir tat bırakırlar.

Çörek otu tohumlarının nem içeriği % 5.2 ile % 7.43, karbonhidrat miktarı % 23.5 ile % 33.2, kül miktarı ise % 3.77 ile % 4.92 arasındadır (Atta, M.B., 2003).

Ortadoğu ülkelerinde şifa kaynağı olduğu için “HabbatAl Barakah” ya da “Kutsanmış Tohum” olarak da bilinir (Ragaa, H.M.S., 2010).



Şekil 2.1. Çörek otu bitkisi ve tohumu

Çörek otu uzun yıllardır bilinen bir kültür bitkisi olup baharat olarak, unlu mamüllerin üzerini süslemeye ve süt ürünlerinden peynir çeşitlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Çörek otu eski Mısırlılar tarafından geleneksel olarak hastaları iyileştirmek amacı ile kullanılmıştır. Firavunların özel doktorları yanlarında çörek otunu bulundurur ve hazmı kolaylaştırmak için, baş, diş ağrıları, soğuk algınlığı gibi hastalıklarda çörek otundan yararlanırlarmış. Hippokrates ve

Dioscorides yazdıkları eserlerinde çörek otundan "Melanthion" ismiyle bahsetmişlerdir. Hz. Muhammed (S.A.V.) çörek otundan şu şekilde bahsetmiştir: "Çörek otuna kıymet verin, zira o ölümden başka her derde şifadır." 9. yüzyılda Avrupa ülkelerinde çörek otunun kıymeti anlaşılmaya başlanmış, Alman kralı Büyük Karl ve Ludwig der Fromme Orta Çağın başlarında bulundukları yerlerde çörek otu tarımı yapılmaya başlanmasını desteklemişlerdir. 1031 yılında filozof ve büyük Türk tıp bilgini İbn-i Sina eserlerinde önemli bir tıbbi bitki olan çörek otunu keşfettiğinden bahsetmiş ve tedavi edici etkilerini açıkladıktan sonra, halk arasında 18. yüzyıla kadar çörek otu, antienflamatuvar hastalıklarda, tümörlerin tedavisinde ve süt artırıcı olarak, kuduz ve yılan ısırıkları başta olmak üzere tedavi edici özellikle kullanılmıştır. Ancak, batılı ülkelerde yaklaşık 200 yıl kadar çörek otunun önemi ihmal edilmiş ya da unutulmuştur. Bir tesadüf sonucu 20. yüzyılın sonunda tekrar keşfedilmiştir (Grondel vd., 1987; Atta-ur-Rahman vd., 1985).

Türkiye bitki örtüsünde çörek otunun *Nigella sativa*, *Nigella arvensis* (Yabani çörek otu), *Nigella orientalis* (Sarı çörek otu), *Nigella hispanica* (İspanya çörek otu), *Nigella damascena* (Şam çörek otu), *Nigella ciliaris* (Fırıldak çörek otu), *Nigella turcica*, *Nigella lancifolia*, *Nigella icarica*, *Nigella nigellastrum*, *Nigella integrifolia*, *Nigella oxypetala* ve *Nigella segetalis* olmak üzere 14 türü bulunmaktadır (Seçmen vd., 2000; Davis vd., 1965). Tarımsal olarak üretilen türleri *Nigella damascena* ile *Nigella sativa*'dır.

2019 yılında 593 ton üretime karşılık 1.24 milyon ABD doları çörek otu ihracatımız, 2648 tonluk, 2.53 milyon dolarlık bir ithalatımız gerçekleşmiştir (TÜİK, 2020).

2.2. Genel Özellikleri

Çörek otunun botanik sistematığı şu şekildedir;

Bölümü : Spermatophyta

Altbölümü : Angiospermae

Sınıfı : Dicotyledonae

Takımı : Ranales

Familyası : *Ranunculaceae*

Cinsi : *Nigella*

Türü : *Nigella sativa* L. (Tanker vd., 2007).

Çörek otu tohumu çeşitli biyoaktif bileşenleri bünyesinden barındırmakta ve bu nedenle besin değeri yüksek bir bitkidir. Yapısında başlıca yağlar (% 31- 35.5), karbonhidratlar (% 33-34), proteinler (% 16-19.9), ucucu yağlar (% 0.4-0.45), vitaminler, mineraller, alkoloidler, tanenler, saponinler, lifler, amino asitler bulunmaktadır (Tablo 2.1) (El-Tahir ve Bakaet, 2006). Biyokimyasal yapısına baktığımızda çörek otunda alanin, arginin, asparagin, askorbik asit, d–limonen, izolösin, lösin, oleik asit, linolenik asit, linoleik asit, lipaz, metiyonin, lisin, miristik asit, nigellin, nigellon, palmitik asit, kampesterol, karvon, sistin, simen, eikosadienoik asit, dehidroaskorbik asit, glukoz, glutamik asit, glisin, demir, fenilalanin, pitosteroller, potasyum, beta–sitosterol, alfa–spinasterol, tanen, stearik asit, stigmasterol, tireonin, triptofan, timohidrokinon, timokinon ve tirozin maddeleri belirlenmiştir (Singh vd., 2005).

Tablo 2.1. *Nigella sativa* L. tohumunun genel içeriği

İçerik	%
Yağ	31-35.5
Karbonhidrat	33-34
Protein	16-19.9
Nem	5.0-7.0
Lif	4.5-6.5
Kül	3.7-7.0

Nigella sativa L. tohumları % 31-36 oranında yağ içermektedir. Klasik bitkisel yağların aksine yüksek lipaz aktivitesinden dolayı çörek otu tohumlarının serbest yağ asidi (SYA) değişkendir. Uyku halindeki herhangi bir işleme tabi olmamış tohumlarda lipaz enzimi aktif değilken; fakat tohumlardan yağ elde edildiğinde lipaz ve yağ ortamda bir arada olması nedeni ile enzimatik hidroliz reaksiyonları başlar. Dolayısıyla, öğütmede yağın SYA içeriğinin % 50 veya daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Yağ elde etme sırasında geçen zaman, öğütülen tohumların depolama sıcaklığı ve bağıl nem serbest yağ asidi değerlerini etkilemektedir. Bu sebeple, çörek otu yağının yüksek SYA içeriği onun tipik bir özelliğidir. Doymamış yağ asitleri bakımından çörek otu tohumu oldukça zengindir. Bunlardan oleik asit, linoleik asit, yağın % 80 oranına yakın büyük bir kısmını araşidonik ve eikosadienoik asit ise daha az kısmını oluşturmaktadır. Doymuş yağ asitleri olarak da palmitik, stearik ve miristik asit içerir (Tablo 2.2). Çörek otunda fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin ve fosfatidilinozitol şeklinde fosfolipitler bulunur (El-Tahir ve Bakaet, 2006).

Çörek otu yağının 25°C'deki yoğunluğu 0.9201, refraktif indeksi 1.4728, iyot değeri 124.63, sabunlaşma sayısı 189.40 mg KOH/g ve serbest yağ asidi % 0.55'tir (Babayan vd., 1978).

Tablo 2.2. *Nigella sativa* L. tohumu yağının doymuş ve doymamış yağ asit bileşenleri

Bileşenler	%
Linoleik asit	44.7-56
Eikosadienoik asit	2-2.5
Oleik asit	20.7-24.6
Palmitik asit	12-14.3
Linolenik asit	0.6-1.8
Stearik asit	2.7-3
Araşidonik asit	2-3
Miristik asit	0.16
Palmitoleik asit	3
Steroller	0.5

Tohum yapısında mevcut olan amino asitler oranlarıyla Tablo 2.3'te verilmiştir. Yapıda 9 tanesi esansiyel olmak üzere toplam 15 amino asit bulunmaktadır. Tohumda arginin, glutamik asit, lösin, fenilalanin ve lisin aminoasitleri miktarca fazladır. Ayrıca Rus kökenli çörek otunda, sistin aminoasiti, bu 15 amino aside ek olarak bulunduğu belirlenmiştir (Üstün vd., 1998).

Tablo 2.3. *Nigella sativa* L. tohumunun amino asit bileşimi

Amino Asitler	Bileşim(%)
Alanin	3.77
Valin	3.06
Glisin	4.17
İzolösin	4.03
Lösin	10.88
Prolin	5.34
Treonin	1.23
Serin	1.98
Aspartik asit	5.02
Metionin	6.16
Fenilalanin	7.93
Glutamik asit	13.21
Tirosin	6.08
Lisin	7.62
Arginin	19.52

Tablo 2.4'te, *Nigella sativa* L. tohumlarının günlük tavsiye edilen alım miktarlarıyla birlikte vitamin içerikleri verilmiştir (Üstün vd., 1998). Tohumlar, tiamin, pridoksin ve niasini yüksek oranda içermektedir.

Tablo 2.4. *Nigella sativa* L. tohumlarının vitamin içerikleri

Vitamin	µg/100 g	RDA*(%)
B1 (tiyamin)	831 ± 11.36	55.3
B2 (riboflavin)	63 ± 3.32	3.5
B6 (piridoksin)	789 ± 8.89	35.9
Niasin	6311 ± 16.52	33.2
Folik asit	42 ± 4.58	10.0

*Tavsiye edilen günlük alım miktarı

2.3. Timokinon

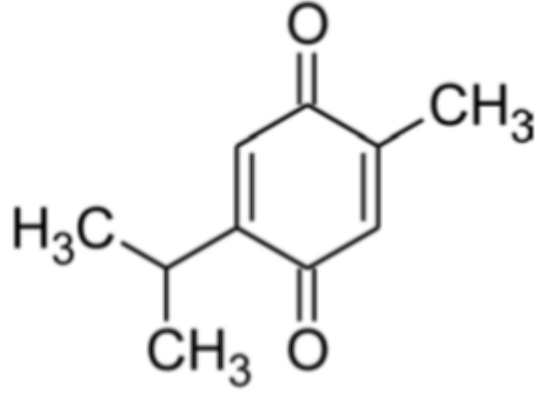
Timokinon, timol, ditimokinon ve timohidrokinon çörek otu tohumu uçucu yağlarından farmakolojik biyoaktif kimyasal bileşenlerinden başlıcalarıdır. Ayrıca p-simen, karvakrol nigellon, α ve β -pinen, d-limonen, trans-anetol içermektedir (Tablo 2.5) (Kalidasu vd., 2017).

Tablo 2.5. *Nigella sativa* L. tohumu uçucu yağının kimyasal bileşenleri

Uçucu sekonder metabolit	%	Uçucu sekonder metabolit	%
α -Tuyen	5.09	Longifolen	3.24
α - Pinen	1.00	Timohidrokinon	2.40
Sabinen	0.44	Nonil allil okzalit	0.24
β -Pinen	1.31	Sulforuz asit, 2-etilheksil	0.32
Terpinolen	0.56	izoheksil ester	
p-Simen	27.80	1. 2,3-epoksi-gerianial	0.45
α -Terpinen	5.23	2-metil heksanoik asit	0.16
cis-4-Metoksituyan	0.44	4-Tridesen	0.92
trans-4-Metoksituyan	3.62	Sitronellil n-bütirat	0.88
2E,4Z-Dekadienal	0.14	cis-11,14-Eikosaienoik sit metil	0.81
Terpinen-4-ol	0.21	ester	
(+)-Dihidrokarvon	0.58	9-Undekenal, 2,10-dimetil	11.54
Timokinon	28.70	2,6,11,15-Tetrametil-hekzadeka-	
Karvakrol	2.44	2,8,8,10,14-pentaen	0.47
Asetamid, N-(2-hidroksi-3-	0.22	2,4-Oktadienal (E,E)	0.15
pentenil)-			
Longipinen	0.61		

Çörek otu tohumunun farmakolojik etkilerinin birçoğundan içerdiği kinin bileşenleri, özellikle de timokinonun sorumlu olduğunu tespit etmişlerdir. Bunlardan en önemlileri; timokinon, dihidrotimokinon, timol, p-simen, karvakrol, α -thujen, α -pinen, β -pinen, t-anethol ve minör bileşenler içermektedir.

Timokinon çörek otundaki antioksidan etkiye sahip önemli bir bileşiktir (Padhye vd., 2008). Timokinon (2-izopropil-5-metil-1.4-benzokinon), yapısında kinon halkasına 5. pozisyonuna bağlı bir metil grubu ve 2. pozisyonundan bağlı bir izopropil grubu bulunmaktadır (Şekil 2.2). Rengi sarımtırak olan timokinonun ($C_{10}H_{16}O_2$) kristal yapıdadır (Islam vd., 2016).



Şekil 2.2.Timokinon molekülü

Timokinon molekülü, uygun koşullarda muhafaza edilmediğinde, kısa süreli ışık maruziyetinde bile yüksek hassasiyet gösterdiği belirtilmiştir. Timokinon, yağ içerisinde çözünmektedir ve yüksek asitli durumlarda stabil olduğu belirlenmiştir (Sicker vd., 2019). İlk olarak çörek otu uçucu yağından El-Dakhakny tarafından 1963 yılında izole edilmiştir. Bu çalışmada El-Dakhakny petrol eteri ekstraksiyonu sonucunda elde ettiği yağdan buhar distilasyonu ile uçucu yağ elde etmiştir. Daha sonra kolon kromatografisi yöntemi ile timokinon molekülünü kristallendirmiştir. Ultraviyole ve infrared spektroskopisi kullanarak molekülün yapısını belirledikten sonra çörek otunun farmakolojik etkilerinin bu molekülden kaynaklandığını belirtmiştir (El-Dakhakny, 1963).

Nigella sativa'nın içerisindeki timokinon miktarı onu diğer *Nigella* türlerinden ayıran özelliğidir. *Nigella damascene*, *Nigella orientalis* ve *Nigella arvensis* uçucu yağlarında %0.0-0.1 oranında bulunurken, *Nigella sativa* uçucu yağında %30-64 arasında timokinon bulunmaktadır (Edris, 2010).

Enol, keto ve karışık formları olan timokinonun (2-izopropil-5-metilbenzo-1,4-kinon) molar ağırlığı 164.20 g/moldür. İlaç formülasyonlarında kullanımı ve biyoyararlanımı hidrofobik özelliği olmasından dolayı kısıtlıdır (Salomi vd. 1991).

Timokinonun su, PBS (Fosfat Tampon Çözeltisi) (pH 5; 7,4 ve 9,0'da) çözeltilerinde ve 0,1 N hidroklorürde çözünürlükleri incelendiğinde çözünürlüklerinin birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir. HPLC cihazında yapılan analizlerde timokinonun asitliğin yüksek olduğu ortamlarda stabilite sağladığı ve pH arttıkça stabilitesinin azaldığı gözlemlenmiştir. Timokinonun etanol ile fotoliz

kinetiği çalışmasında % 70'inden fazla bir oranda kayba uğradığı belirtilmiştir (Goyal vd., 2017).

Timokinon ağız yolu ile alındığında DT-diaforaz kinin redüktaz enzimi (karaciğer enzimi) ile metabolize edilmesiyle hidrokinona dönüştüğü ve hidrokinonun sonrasında merkaptürik asite dönüşerek idrarla atıldığı bildirilmektedir (Darakhshan vd., 2015).

Timokinonun proteinlere bağlanma oranı oldukça yüksektir. Timokinon-protein bağlanma tahmini yüzdesi tavşanlarda % 99.19, insanlarda % 98.99 olarak belirtilmiştir (Alkharfy vd., 2015). Hidrofobik özelliğinin yüksek olması ve çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle terapötik uygulamaları olmasına rağmen timokinonun ilaç formülasyonlarının geliştirilmesini sınırlandırmaktadır (Surekha ve Sumathi, 2016). Nanopartikülat enkapsülasyon sistemleri ile timokinonun bu problemi çözülmeye çalışılmıştır. Timokinonun biyoyararlanımı ve aktivitesini artırmak amacıyla, son yıllarda yeni çalışmalar hızla ilerlemektedir (timokinon yüklü nano-yapılı lipid taşıyıcılar, katı lipid nanopartiküller, timokinon yüklü lipozomlar) (Darakhshan vd., 2015; Odeh vd., 2012).

Timokinonun tüm etki mekanizmaları karmaşıktır ve henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Yapılan çalışmalarda moleküler bazda etki mekanizmaları; inflamasyon önleyicileri ve oksidatif parametreler, apoptoz, peroksizom proliferator aktiflenmiş reseptörler (PPARs), transkripsiyondaki fonksiyonları üzerine etkileri şeklinde ortaya çıkmaktadır. Çörek otu tohumunun biyoktif bileşeni timokinonun antiinflamatuvar, antioksidan, antikarsinojenik etkileri yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Normal hücrelere toksik etkiyi minimum düzeyde gösterdiği, meme adenokarsinom, kolorektal karsinom, osterosarkom, overian karsinom, pankreatik karsinom, miyeloblastik lösemi gibi çeşitli tümör hücrelerini baskıladığı raporlanmıştır (Aggarwal vd., 2008; Worthenvd., 1998; Gali-Muhtasib vd., 2006).

Timokinon molekülünün toksik etkisi düşük dozlarda görülmemektedir. Farelerde peritoneal içi enjeksiyonda öldürücü doz 104.7 mg/kg olarak belirlenirken, oral alımda ise 870.9 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu dozlar, molekülün antioksidan ve anti kanser özellikler gösterdiği dozların enjeksiyonda 10-15 ve ağız yoluyla alındığında ise 100-150 katıdır. Dolayısıyla ağız yoluyla timokinonun alınması durumunda güvenli bir etken madde olduğundan söz etmek mümkün olabilmektedir (Al-Ali vd., 2008). Yapılan bir çalışmada, 14 hafta boyunca günde

200 mg/kg çörek otu yağı ile verilen erkek sıçanlarda karaciğer, böbrek, dalak ve diğer organlardaki değişiklikler takip edilmiş ve bu organlarda patolojik değişiklik gözlenmediği ve sıçanlardan alınan kanın biyokimyasal değerlerini etkilemediği tespit edilmiştir (Salim ve Fukushima, 2003).

2.4. Çörek Otunun Biyolojik ve Farmakolojik Etkileri

Yapılan bazı araştırmalarda çörek otunun farmakolojik yönden birçok etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

- Antioksidan etkisi

Kalp damar rahatsızlıkları, kanser gibi hastalıklarda, serbest elektronları sebebiyle kararsız bir yapı gösteren serbest radikallerin biyolojik yapılarda meydana getirdiği oksitleyici hasarların etkisi fazladır. Serbest radikaller elektrik yüklü oldukları için, hücre zarına nüfuz edebilmekte ve hücre bileşenlerine zarar verebilmekte, proteinler, nükleik asitler ve enzimler gibi bileşenler ile reaksiyona girebilmekte ve onları yok edebilmektedir (Salem,2005).

Süperoksit ve nitrit iyonları gibi reaktif oksijen türevleri (ROS, Reactive Oxygen Species) tarafından tetiklenen oksidan seviyeleri ile fizyolojik antioksidanlar arasındaki dengenin kaybolması oksidatif stresin başlıca nedeni olduğu tespit edilmiştir (Singh vd., 2012). Yapılan çalışmalarda (in vitro ve in vivo) timokinonun antioksidan aktivitesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Burits ve Bucar, 2000; Sankaranarayanan ve Pari, 2011).

Timokinonun bazı hastalıklarda artmış ROS seviyelerinin neden olduğu yan etkileri antagonize edebileceği ve timokinonun bu özelliğini oksidatif stresi düşürmesiyle ve antioksidan aktiviteyi artırmasıyla gösterebileceği bildirilmiştir. Timokinonun antioksidan etki özelliklerinin, molekül yapısındaki kinon bileşiğinin redoks potansiyel ve timokinonun fizyolojik bariyerlerden ve hücre altı bölümlere kolay ve hızlı geçişi ile ilgili olabileceği öne sürülmüştür (Drakhshan vd., 2015).

Timokinon katalaz (CAT) aktivitesini artırmaktadır ve karaciğer dokusunu iskemi-reperfüzyon (I/R) hasarına karşı timokinon tedavisinin koruyucu olabileceği öne sürülmüştür (İnce vd., 2012).

Oksidatif stresli izole sıçanlarda yapılan bir çalışmada, sıçanların hepatositlerindeki glutatyon seviyesinin timokinonla artırıldığı ve nükleotitlerden

piridin olanların oksidasyonunu önlediği ve böylece hücre zar bütünlüğünü koruduğu bildirilmiştir (Alhebshi vd., 2014).

Timokinonun parazit kaynaklı karaciğerde meydana gelen hasarları azalttığı ve timokinonun antiparazitik etkisinden antioksidatif yapıda olmasının sorumlu olduğu tespit edilmiştir (Mahmoud vd., 2002).

Timokinonun meydana gelebilecek oksidatif hasarlara karşı çok sayıda koruyucu etkileri olduğu bilinmektedir. Timokinon, gentamisin, sisplatin, doksorubisin, vankomisin ve merkürük klorürün sebep olduğu renal toksisiteye; siklofosfamid, karbon tetraklorür, siklofosfamid, aflatoksin B1 ve asetaminofenin neden olduğu hepatotoksisiteye; doksorubisin ve siklofosfomidin neden olduğu kardiyak toksisiteye karşı koruyucu etkilere sahiptir. Timokinonun yapılan çalışmalarda akciğer hasarını azalttığı, mide tümörlerini iyileştirdiği ve gentamisin ototoksitesini önlediği ve böylece koruyucu rol oynadığı tespit edilmiştir (Darakhshan vd., 2015).

Timokinonun oksidatif fosforilasyonda önemli derecede görev yaptığı, substrat kullanımını artırdığı ve enerji ihtiyacının karşılanmasında mitokondrinin işleyişini artırdığı bildirilmiştir (Sayed ve Nagi, 2007).

Çörek otunun antioksidan etkisi özellikle demir kaynaklı lipidlerde meydana gelen peroksidasyon oluşumunu engellemesi, radikal süpürücü olarak rol oynaması, toplam tiyol ve GSH miktarını arttırması, karaciğerdeki CYP1A1/A2 izozimlerinin aktivitelerini inhibe etmesi, hepatositlerde lipojenezi ve bazı enzimlerin aktivitelerini arttırması şeklindedir (Mollazadeh ve Hosseinzadeh, 2014).

- Antimikrobiyal etkisi

Nigella sativa tohumu yağının *S. cosntellatus*, *S. mitis*, *S. mutans*, *G. haemolysins*'e ve seyreltik oranlarda dahi *Shigella niger*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus albus* ve *Vibrio cholera*'ya karşı antibakteriyel etkileri belirlenmiştir. Bununla birlikte birçok gram pozitif ve gram negatif organizmada antibakteriyel etkisi olduğundan bahsedilmiştir (Harzallah vd., 2011; Agrawal vd., 1979).

Pseudomonas aeruginosa kaynaklı akut bakteriyel prostatitler timokonunun antioksidan ve antiinflamatuvar etkileri ile düzeltebildiği gösterilmiştir (Rifaioğlu vd., 2013).

Çörek otunun tüberküloz hastalığına neden olan *Mycobacterium tuberculosis* 'e karşı önleyici rol oynadığı, *Candida krusei*, *Candida albicans* ve *Candida tropicalis* ve *Trichopyton mentagrophytos*, *Microsporum canis* gibi patojenik bazı suşlar için antifungal etkisi olduğu tespit edilmiştir (Piras vd., 2013; Mahmoud vd., 2014).

- Antiinflamatuvar etkisi

Çörek otunun antiinflamatuvar etkisiyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Siklooksijenaz (COX) ve lipooksijenaz (LO) enzimleri inflamasyona aracılık eden COX yolunda prostaglandinler ve LO yolunda lökotrienler oluşmaktadır. Timokinon inflamasyona karşı etkisini dozdan bağımsız olarak, inflamasyona neden olan bu enzimlerin yollarını önleyerek proinflamatuvar sitokinlerin serbest bırakılmasına, nitrojen türleri ve reaktif oksijenin üretilmesine engel olarak etki gösterdiği belirtilmiştir (Darakhshan vd., 2015; Mollazadeh ve Hosseinzadeh, 2014). Timokinon, deneysel olarak yapılan bazı inflamatuvar hastalıklarda (alerjik ensefalomiyelit, kolit ve artrit gibi) antiinflamatuvar etki göstermiştir (Mohammed vd., 2003, Mahgoub, 2003; Tekeoğlu vd. 2007).

Timokinon uygulanmasının gözde oluşan alerjik konjunktivitteki IgE, histamin ve sitokinlerin seviyesinin azaltılmasıyla göz semptomlarını hafiflettiği gösterilmiştir (Hayat vd. 2011).

Yapılan bir çalışmada alerjik akciğer inflamasyonlu farelerde timokinonun antiinflamatuvar etkileri incelenmiş ve timokinonun akciğerdeki alerjik astımda pulmoner inflamasyonu yavaşlattığı tespit edilmiştir (El Gazzar, 2006).

Timokinonun inflamasyona etkisi ROS oluşumunun engellenmesi, sitokin üretiminin azaltılması ve histamin üretimi/salınımının azaltılmasına bağlıdır.

- Antikanser etkisi

İnsan kanser hücrelerinde çörek otunun hücre büyümesini engelleyici ve hücre ölümü ile sonuçlanan birçok prelinik çalışmalar yapılmıştır ve antikanser etkisini açıklayan çeşitli mekanizmalar olduğu ileri sürülmüştür. Kanserde başlıca sorumlu faktörler; nitrosatif stres, oksidatif stres ve inflamasyondur. Timokinon inflamasyonu engelleyerek, antioksidan enzimlerin aktivitesini koruyarak, hücre dışı kinaz enziminin sinyal yollarını baskılayarak kanser hücrelerini tümörden koruduğu belirtilmiştir. Timokinonun hem anjiyogenez ve invazyon hem de metastazda tümör oluşumunu inhibe edici etkisi olduğu ortaya konulmuştur (Peng vd., 2013).

Yapılan bazı *in vivo* hayvan modelli çalışmalarda, timokinonun karaciğerde, ön midede, kolonda, ağız boşluğunda ve deride tümör oluşumunu inhibe ettiği raporlanmıştır (Kundu vd., 2014).

Hücreler kendilerini korumak üzere vakuollerindeki toksik maddeleri uzaklaştırma eğilimindedir. Timokinon lizozom zar geçirgenliğini artırarak ve lizozomal proteazların sızıntısına neden olan apoptotik hücre ölümünü sağlayarak etki etmektedir (Racoma vd., 2013).

Yapılan bir çalışmada sıçanlarda (% 0.01) verilen timokinonun mide kanseri başlamasını engellediği ve ilerlemesini düşürdüğü bildirilmiştir. Ayrıca insan bağırsak hücrelerine sitotoks etkisi göstermeden kolon tümör hücrelerinin büyümesini engellediği bildirilmiştir (Tablo 2.6) (Shafiq vd., 2014).

Tablo 2.6. *Nigella Sativa*'nın antikanser aktivitesinde ileri sürülen mekanizmalar

Mekanizmalar	Etki
DNA sentezi sırasındaki hatalar ve birleşme	Sentez kaynaklı hücrelerin büyümesi azaltılması
Bazı protein ve reseptörlerin düzenlenmesi	Kanserli hücre apoptozu
Apoptosis genlerin düzenlenmesi	Kanserli hücre ölümü ve apoptozu
Bazı enzimlerin aktivitelerinin sonlandırılması	Kanserli hücre ölümü
Bazı enzimlerin aktivitesinin artması	Hücreleri kanserden korur
Hücre istilasının inhibisyonu	Metastaz azaltılması
Bazı kanserli hücrelerde ROS miktarının artırılması	Mitokondri işlevlerinin bozulması ve apoptoza neden olur
Bazı enzim yollarının aktive edilmesi	Kanserli hücrelerin apoptozu

- Antidiyabetik ve Hipoglisemik etkisi

Deneyisel ve klinik çalışmalar timokinonun diyabet üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Tip 2 diyabetli hastalarda yapılan çalışmada glisemik kontrol ve diyabete bağlı komplikasyonlarında olumlu gelişmeler gözlemlendiği belirtilmiştir. 3 ay boyunca günde 100 mg timokinonla sağlanan diyabet tedavisine göre, kandaki glukoz seviyesinin düştüğü ve endotel işlevlerinde iyileşme sağladığı ve bir aylık timokinon takviyesiyle glikozillenmiş hemoglobinin seviyelerinin azaltıldığı raporlanmıştır (Al-Naqeeq vd., 2009).

Yapılan bir çalışmada diyabet sıçanlarda çörek otu yağlarıyla tedavinin (0.20 ml/ kg, 30 gün, intraperitoneal) serum insülin konsantrasyonunu yükselttiği ve kan glukoz seviyesini azalttığı belirlenmiştir (Butt ve Sultan, 2010).

N. sativa ekstraktının 2 ay boyunca uygulandığı bir çalışmada lipid peroksidaz ve glukoz seviyelerinde düşme, glutasyon ve seruloplazminde yükselme ve histokimyasal ve biyokimyasal karaciğer hasarlarında iyileşme sağlandığı bildirilmiştir (Meral vd., 2001). Yapılan bir çalışmada diyabetik hamsterlarda 30 gün boyunca günlük oral 50 mg/kg timokinonun verilmesinde kan glukozunun hızlı bir şekilde arttığı ve glikozlanmış hemoglobin seviyesini önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir (Fararh vd., 2005).

Timokinonun 6 hafta boyunca günlük oral 80 mg/kg verildiği çalışmada plazma glukoz seviyesinde azalma ve insülin seviyesinde artma olduğu belirtilmiştir (Pari ve Sankaranarayanan, 2009).

- Antifibrotik etkisi

Timokinon fibroz oluşuma karşı koruyucu etkisi vardır. Yapılan bir çalışmada sıçan karaciğer hücrelerinde ve inflamasyona karşı karaciğer fibrozunu azalttığı belirtilmiştir. Karaciğer hücrelerinde bazı enzimleri engellediği, bazı reseptör sinyal yollarını düzenlediği, apoptozu indüklediği, Akt fosforilasyonunu baskıladığı, serum ALT ve AST seviyelerini azalttığı belirtilmiştir (Bai vd., 2014). Ayrıca timokinonun parasetamol maruziyetine bağlı karaciğerde fibroz oluşumunu engellediği ve karaciğer sirozu hastalığında tedavi edici rol oynadığı bildirilmiştir (Singh vd., 2013).

- Üreme sistemi üzerine etkisi

Timokinonun antinflamuar ve antioksidan etkisi ile sıçan ve fare testislerinde toksik etki yarattığı ve memeli testislerinde de bazı biyokimyasal ve morfolojik değişikliklere neden olduğu bilinen kadmiyumuna karşı testisleri koruduğu belirtilmiştir (Acharya vd., 2008). Sıçanlarda yapılan bir çalışmada kadmiyum ile timokinon beraber uygulandığında, kadmiyumun neden olduğu sperm mortalitesi ve anormalliklerinde timonkinonun etkisiyle iyileşme, normale yakın ödem gözlemlenmiştir (Sayed vd., 2014). Sıçanlarda kurşun ile testislerin fonksiyon özelliklerini düzelttiği bildirilmiştir. Timokinon, kurşunla birlikte uygulandığında plazmadaki düşük testesteron seviyesini artırdığı belirtilmiştir (Mabrouk ve Cheikh, 2016).

- Gastrointestinal sistem üzerindeki etkisi

Kolit, kronik pankreatit, gastrik mukozal hasar, gastrik lezyon, ülser gibi bağırsak hastalıklarının tedavisinde *N. sativa* yağının ve aktif bileşeni timokinonun belirtileri azalttığı gösterilmiştir (Shakeri vd. 2016). Yapılan bir çalışmada sıçanlarda etanolle indüklenen ülserde, peptik ülser oluşumunda rol oynayan histaminin seviyesinin azaldığı, müsin miktarının arttığı ve glutatyon seviyesinin arttığı belirtilmiştir (El-Ahbar vd., 2003).

Akhtar vd. (1996) çörek otu tohumlarının sulu ekstraktlarının, asetil salisilik asit verilen ratlarda mide öz suyunun asitliğini düşürdüğünü ve ülserle karşı tedavi edici aktivitesinin olduğunu belirtmişlerdir (Akhtar vd., 1996).

Yapılan bir çalışmada 2 hafta boyunca sıçanlara 0.88 g/kg/gün çörek otu yağı verilmiş ve glutatyon düzeyi ve müsin miktarında artış olduğu, histamin bileşiminde büyük oranda düşme olduğu belirtilmiştir. Ancak gastrik öz suyunda ve peptik aktivitede değişim gözlemlenmemiştir (Kanter vd., 2003).

- Antinositif etkisi

N. sativa'nın antinositif etkisi insanlarda belirli sayıda, hayvanlarda ise yaygın bir şekilde araştırılmıştır. Farelere 50-400 mg/kg oranında ağız yoluyla verilen *N. sativa* yağı sonucunda kıvranma testi, formalin testleri, *Hot-plate* (kızgın levha) testi ve kuyruk kıstırma testi uygulanmıştır. Kızgın levha ve kuyruk kıstırma testlerinde nositif cevap latens süresi artmıştır, bunun yanında kıvranma testinde kıvranma hareketleri azalmıştır. *N. sativa* yağı formalin testinin geç dönemlerinde cevabı azaltmamışken, erken dönemlerinde nositif cevabı baskılamıştır (Abdel-Fettah vd., 2000).

- Kalp üzerindeki koruyucu etkisi

Çörek otu antioksidan ve antienflamatuar etkilerinin yüksek olmasından dolayı potansiyel bir bitki olarak kardiyovasküler bozukluklarda koruyucu ve terapötik bir madde olarak kullanılabildiğini gösteren in vitro ve in vivo hayvan çalışmaları oldukça fazladır. Çalışmalarda hipertansiyon, diyabet ve lipid profillerindeki değişiklikler gibi sıklıkla ortaya çıkan kardiyovasküler hastalıklarda kan basıncının düzenlenmesinde çörek otu tohumunun kullanıldığı bildirilmektedir. Ekstrenin diüretik etkisi nedeniyle köpeklerde kan basıncını düşürdüğü gösterilmiştir (Salama, 2010).

Farklı dozlarda timokinonun kullanıldığı ratlarda yapılan bir çalışmada timokinonun kan basıncını ve kalp atış hızını azalttığı gösterilmiştir (El-tahir vd., 1993).

Yapılan bir çalışmada ratlara günde 20 mg/kg timokinon verilmesinin oksidatif stresi düşürdüğü ve lipid profilini düzenlediği ve hiperkolesterolemik hayvanlarda kalp hastalıklarının temel sebebi olarak görülen aterosklerozisinin gelişmesini durdurduğu belirtilmiştir (Ragheb vd., 2008).

Farelerde Siklosporin A'nın sebep olduğu kalp hasarına karşı böbrek ve kalp üzerinde çörek otu yağının etkisi değerlendirilmiştir. Kalp dokusunda lipid oksidasyonun azaldığı, antioksidan enzimlerinde düzelme sağladığı ve yapının Siklosporin A'nın neden olduğu doku hasarını azaltabildiği belirtilmiştir (Uz vd., 2008).

- Antihistaminik etkisi

Alerjik reaksiyonlardan sorumlu bir bileşik olan histaminin inhibisyonu timokinonun bazı inflamatuvar etkilerinden dolayıdır. Alerjik konjunktivit olan farelerde timokinon histamin seviyesini düşürerek belirtileri azalttığı tespit edilmiştir (Hayat vd., 2011). Yapılan bir çalışmada gastrik histamin içeriği artırılmış olan farelere günlük çörek otu yağından 10 ml/kg ve timokinondan 10 mg/kg verilmesi sonucunda, her iki şartta da farelerdeki gastrik histamin seviyesinde azalma olduğu belirtilmiştir (Kanter vd., 2006).

- Sinir sistemi üzerindeki etkisi

Çörek otunun antioksidan ve antinflamatuvar özellikleri sayesinde nöronları önemli ölçüde koruduğu gösterilmiştir. Timokinonun, parkinsonlu hastaların hücre kültürleri incelendiğinde nöronlarda koruyucu rol oynadığı bildirilmiştir. Ayrıca şizofren hastalarında timokinonun beyindeki dopamin seviyesini azaltmasıyla anlamlı etkiler göstermesi ve şaşırtıcı olarak bellek iyileştirici etkisinin keşfedilmesi önemli bulunmuştur (Javidi vd., 2016).

Yapılan bir çalışmada günde 40 ve 80 mg/kg timokinonun peritoneal uygulamasında miyelitik nöbetlerde kaydadeğer düşme yaşandığı bildirilmiştir (Hosseinzadeh ve Parvardeh, 2004).

Çörek otunun asetilkolinesteraz enzimini inhibe etmesi, dolayısıyla beyin GABA, nitrik oksit sistemleri ile etkileşime girmesi, hayvan çalışmalarında hafıza,

kaygı, depresyon, nörodejenerasyon, epilepsi ve ağrıyı iyileştirdiğini göstermektedir (Al-Naggar vd., 2003).

Çörek otununun yaşlanma ve hafıza zayıflığı üzerindeki etkisinin araştırılması sonucunda depolanmış bilgi ve mekânsal çağrışım kapasitesinde artış olduğu ve hipokampuste hücre kaybını azaltması nedeni ile klinik araştırmalar yapılmasına karar verilmiştir. 9 hafta boyunca sağlıklı 40 yaşlıya günde 13.3 mg/kg çörek otu kapsülü alan grup ve plasebo alan kontrol grubu oluşturulmuştur. Bazı nöropsikolojik test sonuçlarına göre Alzheimer hastalığı belirtilerinin önlebileceği tespit edilmiştir (Bin Sayeed vd., 2014).

- Solunum sistemi üzerindeki etkisi

Çörek otu tohumları dispne ve astım gibi solunum sisteminde meydana gelen hastalıklara karşı iyileştirici özellikler göstermiştir. Sıçanlarda akut respiratuvar sendromunda timokinonun tedavi edici özelliği bildirilmiştir (Işık vd., 2005).

Timokinon akciğerde alerjiye ve inflamasyona karşı koruyucu şekilde etki etmektedir. Yapılan bir çalışmada timokinonun intraperitoneal uygulaması sonucu hastalıklı farelerde alerjik hava yolu inflamasyonunu düşürdüğü tespit edilmiştir (El Gazzar vd., 2006).

Farelere intravenöz çörek otu uçucu yağının 4-32 ml/kg verilmesi durumunda doza bağlı olarak solunumda artış gözlenmiştir. Uçucu yağın solunum sistemindeki etkisinin histamin salınımından kaynaklandığı ileri sürülmüştür (El-Tahir vd., 1993).

-Antiviral etkisi

Çörek otundaki antioksidanlar hedef hücrelerde viral replikasyonu engelleyerek antiviral etki göstermesini sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada çörek otu yağının virüslere karşı etkisi araştırılmış ve farelerde enfeksiyonun 3. gününde dalak ve karaciğerdeki virüsün gözlemlenmediği bildirilmiş ve diğer belirtiler ile beraber değerlendirme yapıldığında antiviral etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Salem ve Hossain, 2000).

2.5. Ekstraksiyon (Bitki Özütleme) Yöntemleri

Ekstraksiyon; bitkisel, hayvansal veya sentetik hammaddelerin alkol, su veya organik çözücüler kullanılarak saflaştırılması ve bileşenlerinin elde edilmesidir. "Drog" olarak adlandırılan bazı özütlerin bir çözgen yardımıyla veya farklı

yöntemlerle bitki ekstraktlarının ekstraksiyonu işlemi tıpta, gıdada, kozmetikte ve eczacılıkta kullanılmaktadır. Ekstraksiyonun temel amacı droglardaki etken maddelerin elde edilmesidir.

Bitkilerden elde edilen temel ekstrakt ürünleri; lipidler, biyoaktif bileşikler, fitokimyasal, aromatik maddeleri, renk maddeleri gibi doğal bileşiklerdir. Gıda, ilaç ve kozmetik gibi alanlarda yaygın bir şekilde bitki özütlerinden yararlanılmaktadır. Ekstraksiyon yöntemleri üzerindeki araştırmalar bu özütlerden elde edilen bileşiklerin ticarileştirilmesi nedeniyle hızlı bir şekilde artmaktadır. İdeal bir ekstraksiyon işlemi için yöntem hızlı, basit ve düşük maliyette olmalıdır. Ayrıca, ekstraksiyon sırasında kayıp olmadan ürün elde edilmesi, ilave olarak saflaştırma uygulaması gerektirmemesi ve çözücünün atık olarak kalmaması gerekmektedir (Kayan, B., 2009).

Klasik ekstraksiyon işlemleri:

-Mekanik yolla ekstraksiyon

-Distilasyon yoluyla ekstraksiyon

-Çözücüler kullanılarak yapılan ekstraksiyon olmak üzere 3 farklı şekilde yapılabilmektedir (Kuleaşan ve Yaman, 2016).

Mekanik Yolla Ekstraksiyon

Mekanik yolla ekstraksiyon işleminde bitki çözündürülür. Bitkilerin basınç yardımıyla ezilmesi ve sıkılmasıyla elde edilmesi olmak üzere 2 farklı yöntemle yapılabilmektedir.

Distilasyon Yoluyla Ekstraksiyon

Distilasyon, kaynama noktaları farklı olan bileşenlerin fiziksel olarak ayrılması işlemidir. Bu yöntemde, bitkilerdeki uçucu yağ ve alkaloid gibi etken maddeler kolayca buharlaşabilmelidir. Ekstraksiyon verimi zamana, uygulanan sıcaklığa, materyal tipine ve ön işlem uygulanma durumuna göre değişiklik gösterebilmektedir.

Çözücülerle Yapılan Ekstraksiyon

Çözücülerle yapılan ekstraksiyon 4 grupta incelenebilmektedir;

Macerasyon: Ağzı kapalı bir kaptaki, oda sıcaklığında uygun boyuta getirilen maddeler belirli bir süre ara ara çalkalanarak bekletilmekte, sonra süzülerek ekstrakt elde edilmektedir.

Dekoksiyon: Sıcak su banyosunda soğuk suya eklenen bitkiler sıcaklık etkisiyle bir süre tutulduktan sonra sıcakken sıkılmaktadır.

İnfüzyon: Su banyosunda sıcak su ile yaklaşık 5 dk kadar tutulup, soğuduktan sonra sıkılmaktadır.

Perkolasyon: Perkolatör denilen düzenek kullanılan sürekli bir ekstraksiyon işlemidir. Perkolasyon işleminde özütlenecek madde kuru ve toz şekilde perkolatörlere yüklenmekte ve organik çözücü eklenmektedir. Süre sonunda; sıvı faz katı fazdan ayrılır ve sıvı faz elde edilmektedir (Anonim, 2017).

Klasik ekstraksiyon yöntemlerine alternatif yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin bazı avantajları vardır. Ekstraksiyon süresinin kısa olması, saflaştırma maliyetinin olmaması, organik çözücü kullanımının az olması, ısı gereksiniminin az olması, çevrenin kirlenmesini önlenmesi ve en önemlisi de verimin fazla olmasıdır. Bu ekstraksiyon yöntemleri;

- Soxhlet Düzeneği ile Ekstraksiyon
- Ultrasound Destekli Ekstraksiyon
- Süperkritik Akışkan Ekstraksiyon
- Mikrodalga Destekli Ekstraksiyondur.

Bu yöntemlerden Ultrasound destekli ekstraksiyon yönteminde özütlenecek örneğe 20 kHz üzerindeki frekansla titreşimler uygulanmaktadır. Ultrasound etkisinde oluşturulan bu titreşimler, mekanik basınç dalgalarına dönüşerek enerjiyi ortama aktarmakta, ortamda bulunan madde de dalga ile temas ettiğinden maddeye iletilmektedir. Madde moleküllerinin titreşime başlamasıyla, hareketleri komşu moleküllere aktararak başlangıç konumuna dönmektedir. Ultrasonik enerjiden kaynaklı titreşimler sonucunda boşluk (kavitasyon) çok sayıda ufak kabarcıklar oluşmasına neden olmaktadır. Ultrasonik enerjinin sıvı bir ortamdaki etkisi, sıvı içerisindeki çözünmeyen gazlarla kabarcıklar oluşturmaları ve bu kabarcıkların genişleyip küçülmesini sağlamasıyla kavitasyonu oluşturmalarıdır. Oluşan bu kavitasyon kabarcıkları stabilizasyonlarının bozulması ile birlikte patlamakta ve sıvı içerisinde 5000 atmosfere varabilen yüksek basınçların, 5000°C'ye varabilen anlık yüksek sıcaklık noktalarının oluşmasına neden olabilmektedir (Alarcon-Roja, 2015). Bu kabarcıklar numunedeki moleküller arası bağların kopmasını sağlamaktadır.

Ultrasound teknolojisi sıvı bir ortama uygulanacaksa ultrases problemler, katı bir ortama uygulanacaksa ultrases banyolar kullanılmaktadır. Konveksiyonel ısıtma işlemlerinin gıda güvenliğini arttırmak için uygulanması sırasında gıdaların besin değerlerinde ve koku, görünüm, tat gibi duyu özelliklerinde istenmeyen değişiklikler olabilmektedir (Açı vd., 2014). Kavite ile meydana gelen sıcaklık ve basınç değişimleri konveksiyonel ısıtma işlemlerindeki gibi olmadığından, ultrasound teknolojisi gıda proseslerinde gıda güvenliğini ve kalitesini arttırmak için kullanılmaya başlanmıştır. Böylece ekstraksiyon prosesinde su, enerji ve zaman tasarrufu olmaktadır (Alarcon-Roja, 2015).

Ultrasound destekli ekstraksiyonun bazı avantajları vardır. Bunlar; ucuz olması, kullanımının kolay olması, çevre dostu olması, ekstraksiyon veriminin yüksek olması, kütle transferini hızlandırması, gıdalarda kaliteyi koruması, vitaminlerin, besin kaybının daha az olmasıdır. Bu yöntemde klasik ekstraksiyona göre daha az çözücü kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 2015; Tavman vd., 2009).

2.6. Enkapsülasyon

Enkapsülasyon, katı, sıvı, gaz halinde bulunan aktif bir çekirdek materyalinin veya karışımın başka bir materyal ile nanometreden milimetre çaplarına kadar kaplanması veya hapsedilmesi olarak tanımlanmaktadır. Kaplama materyali kabuk, duvar, taşıyıcı, kapsülleyici ajan, membran veya kaplama malzemesi olarak, kaplanan materyal için çekirdek materyal, aktif madde, iç faz veya dolgu gibi terimler ile ifade edilmektedir (Madene vd., 2006). Enkapsülasyon işleminde sıvı formdaki aktif bileşenlerin kaplama materyali ile katı forma dönüştürülmesiyle gıda maddelerinin çevre şartlarından minimum düzeyde etkilenmesi ve taşımada kolaylık sağlaması gibi yararlar sağladığı belirtilmektedir. Püskürterek kurutma, püskürterek soğutma, akışkan yatak kaplama, ekstrüzyon, koaservasyon, dondurarak kurutma, santrijüj, süspansiyon ayırma gibi pek çok gıda enkapsülasyon metodu bulunmaktadır (Poshadri and Kuna, 2010).

Parçacık boyutlarına göre kapsüllerin sınıflandırılmaları değişiklik göstermektedir. Mikroenkapsülasyon, mikrometre ve milimetre boyutlarında (0.1-5000 μm) kapsüller elde edilmesi için çekirdek materyalinin uygun kaplama materyali ile enkapsülasyonu işlemidir (Koç vd., 2010). Elde edilen kapsüller 0.1 μm den küçük ise nanokapsül, 5000 μm den büyük ise makrokapsül olarak adlandırılmaktadır (Barbosa vd., 2005).

Gıda endüstrisinde mikrokapsülasyon tekniği (Shahidi ve Han 1993);

- Kaplanan maddenin ısı, ışık, oksijen, nem gibi çevresel etmenlerden korunması,
- Uçucu maddelerin uçuculuğunun engellenerek kaybının önlenmesi,
- Sıvı ürünleri katı forma dönüştürerek taşıma, karıştırma ve depolama kolaylıkları sağlaması,
- Ürünün (çekirdek maddenin) istenilen zamanda istenilen etkiyle salınımının gerçekleşmesi,
- Kaplanacak maddenin tat ve aroma bileşiklerinin maskelenmesi,
- Kaplanan materyalin diğer bileşenler ile reaksiyona girmesinin engellenmesi,
- Küçük miktarlarda kullanımı istendiğinde homojen bir şekilde seyreltilebilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

2.7. Enkapsülasyon Yöntemleri

Gıda ürünlerinde kullanılacak enkapsülasyon yöntemi kaplanacak materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve kullanım alanına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Enkapsülasyon yönteminin belirlenmesinde çekirdek ve kaplama materyalinin özellikleri ve birbiriyle olan ilişkisi, enkapsüle edilen materyalin kullanım alanı, istenen salınım mekanizması, gerekli olan partikül boyutu, proses maliyeti önemli rol oynamaktadır. Günümüzde, yeni yöntemlerin geliştirilmesiyle birlikte enkapsüle gıdaların fonksiyonel özellikleri daha iyi bir şekilde korunmaktadır (Madene vd., 2006).

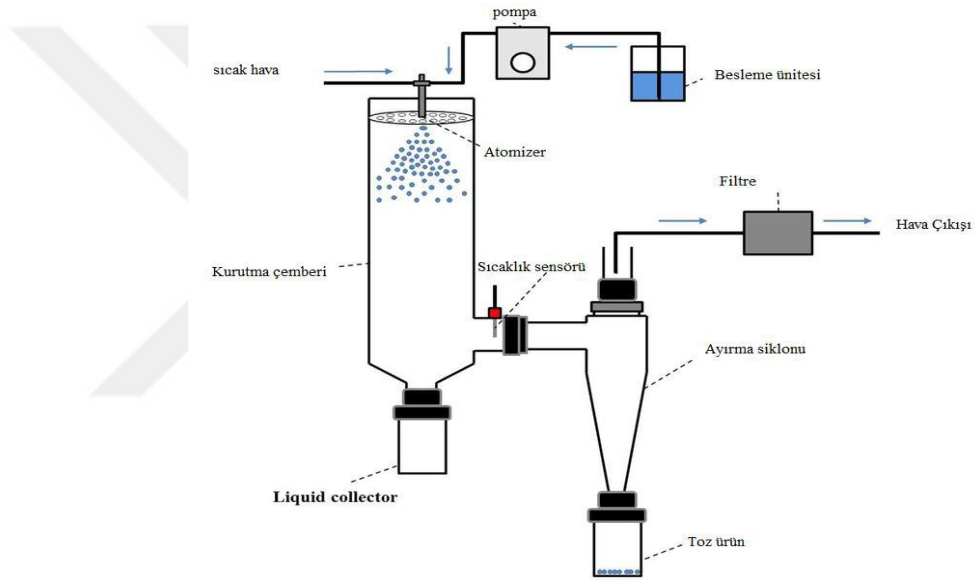
2.7.1. Püskürterek Kurutma Yöntemi

Püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyon gıda endüstrisinde 1950'lerden beri kullanılmakta olan eski ve sıklıkla kullanılan enkapsülasyon teknolojilerinden biridir. Yöntemin prensibi, sıvı ürün siklon ortamına atomizer yardımı ile püskürtülmesi ve yapıdaki suyun üründen evapore edilmesidir. Püskürtmeli kurutma tekniği; ekonomik, esnek, sürekli uygulanabilir oluşu, iyi kalitede partikül üretmesinden dolayı gıda proseslerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Fang ve Bhandari, 2010; Nedovic vd., 2011). Ayrıca işlem zamanının kısa sürmesi ve yaş termometre sıcaklığının üzerine çıkılmaması sebebiyle yüksek sıcaklıklarda çalışılmış olsa dahi son ürün duyuşal ve tekstürel açıdan arzu edilebilir özellikte olmakta ve minimum

zarar görmektedir. Dolayısıyla yağlar, aroma maddeleri, biyoaktif bileşenler gibi gıda bileşenlerinin enkapsülasyonunda kullanılmaktadır.

Şekil 2.3'te görülen püskürterek kurutma ile enkapsülasyon işlemi 4 aşamada gerçekleşmektedir;

- 1) Besleme çözeltisinin hazırlanması (emülsiyon/ dispersiyon),
- 2) Homojen hale getirilmesi,
- 3) Atomizasyon ve
- 4) Kurutma



Şekil 2.3. Püskürterek Kurutma Sistemi

2.7.2. Dondurarak Kurutma Yöntemi

Donmuş sıvı, yarı katı veya katı gıdalardaki suyun buza dönüşmesi ve oluşan buz kristallerinin düşük basınç altında sublimasyonla uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Dondurma, süblimasyon, desorpsiyon ve nihai depolama olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır. Özellikle aroma maddeleri gibi ısıya duyarlı tüm gıda bileşenlerinin enkapsülasyonu bu yöntemle yapılabilmektedir.

Dondurarak kurutma yöntemi düşük sıcaklıklarda gerçekleştiği için ürünün yapı, tesktür, görünüş, tat-koku gibi özelliklerinde yüksek sıcaklıktan kaynaklanan olumsuzluklar önlenirken, oksidasyon ve diğer kimyasal yollarla üründe meydana gelebilecek bozulmalar engellenmektedir. Kayıpların en az düzeyde olması ve

minimum aroma kaybı bu sistemin avantajlarından (Kopelman vd., 1977). Ancak uzun işleme süresi ve yüksek maliyetli olması dondurarak kurutma yönteminin dezavantajlarıdır.

2.7.3. Koaservasyon Yöntemi

Koaservasyon, basınca duyarlı karbonsuz kopya kağıdı üretimine yönelik çalışmalar yapan Green ve Scheicer (1955) tarafından keşfedilen en eski kapsülasyon yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin temeli, kaplama materyalindeki sıvı fazın polimerik çözeltiden ayrılmasına dayanmaktadır. Böylece enkapsülasyonun gerçekleşmesi için çekirdek materyali ile kaplama materyalinin düzgün bir şekilde birbirini sarması sağlanmaktadır. Basit ve kompleks koaservasyon olmak üzere iki koaservasyon yöntemi bulunmaktadır. İşlem maliyetinin fazla olması ve karışık olmasına rağmen bu yöntem enzimlerin, aroma bileşenlerinin ve mikrobiyal hücrelerin enkapsülasyonunda kullanılmaktadır (Reque ve Brandelli, 2021).

2.7.4. Kokristalizasyon Yöntemi

Konsantre sakkaroz çözeltisi ile çekirdek materyalinin birleşmesi sonucu gerçekleştirilen enkapsülasyon yöntemidir. Sıcaklık derecesi kristalizasyon gerçekleşmeyecek düzeyde ayarlanmalıdır (Poshadri ve Kuna, 2010). Doyurularak konsantre hale getirilmiş sakkaroz çözeltisi içerisine çekirdek materyali eklenir ve karıştırılır. Karıştırma işlemi ile bu iki materyalin iç içe geçmesi sağlanarak kapsülasyon gerçekleştirilir (Koç vd., 2010).

2.7.5. Lipozom Tutuklama Yöntemi

Lipozomlar, hidrofilik polar hem de hidrofobik apolar özellikleri ile hem yağda hem de su çözünebilirler. Besin değerlerinin özelliklerinin artırılmasında, sağlıklı gıdaların bileşenlerinin biyoyararlılığının artırılmasında, kontrollü salınım istenilen durumlarda lipozomlar kullanılmaktadır. Lipozom tutuklama işlemi için kaplama materyali olarak seçilen lipitin tabaka yapısı oluşturabilmesi ve oluşan enerji bariyerinin üstesinden gelmeye yetecek enerji verilmesi gerekmektedir (Gökbulut ve Öztürk, 2018). Enkapsülasyon veriminin yüksek olması, ürünün çözücüye maruz kalmaması, elde edilen kapsüllerin ortalama boyutlarda olması bu yöntemin avantajlarından. Proteinler, enzimler, vitaminler ve aromalar gibi fonksiyonel bileşenlerin kontrollü salınımı için bu yöntem yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2.7.6. Ekstrüzyon Yöntemi

Ekstrüzyon teknolojisi bir materyalin bir açıklık boyunca akışına zorlanarak farklı çaplardaki tüketici istekleri ve üretici spesifikasyonlarına bağlı olarak farklı özelliklerde ürün üretilmesini sağlayan teknolojidir. Uçuculuk stabilitesi düşük olan ve ısıya hassas aroma maddelerinin enkapsülasyonunda ekstrüzyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı, oksidasyon eğilimi bulunan aroma bileşenlerinin uzun süre dayanabilmesi, oluşan camsı katman ile çekirdek materyalinin oksijen geçirgenliğine karşı koruma sağlamasıdır (Koç vd., 2010).

2.7.7. Akışkan Yatakta Kaplama Yöntemi

Akışkan yatakta kaplama işlemi, katı haldeki çekirdek materyallerinin akışkanlaştırılırken, kaplama materyalinin ortama püskürtülmesi ve suyun uzaklaştırılması ile kurutulması neticesinde kapsüllerin elde edilmesi temeline dayanmaktadır (Onwulata, 2005). Akışkan yatak sistemde kurutma haznesindeki delikli plakaların altından ortama hava verilmektedir. Bu havanın etkisiyle delikli plakanın üstündeki kurutulacak olan materyal malzeme yatağından yukarı yönlü olarak hareketlenir ve böylece akışkan yatakta akışkanlaştırma işlemi gerçekleşmektedir. Çekirdek materyal besleme haznesinde akışkanlaştırılırken eş zamanlı olarak da sistemde bulunan nozul ile ortama kaplama materyali püskürtülmektedir.

Akışkan yatak kaplamanın kullanım amaçları şunlardır:

1. Çekirdek materyalin ısı, ışık, nem ve oksijen gibi etkenlerden korunması,
2. Ürünün (çekirdek maddenin) istenilen zamanda istenilen etkiyle salınımının gerçekleşmesi,
3. Tat veya renk bileşiklerinin maskelenmesi,
4. Ürünlerin homojen elde edilmesi,
5. Parçacıkların yüzeylerinin şekli, görüntüsü ve bileşimlerinin kontrol edilmesi,
6. Tat veya renk bileşiklerinin maskelenmesi,
7. İnce yapılı partikül oluşumunun azaltılması,
8. Karıştırma, taşıma ve depolamada avantaj sağlaması ve

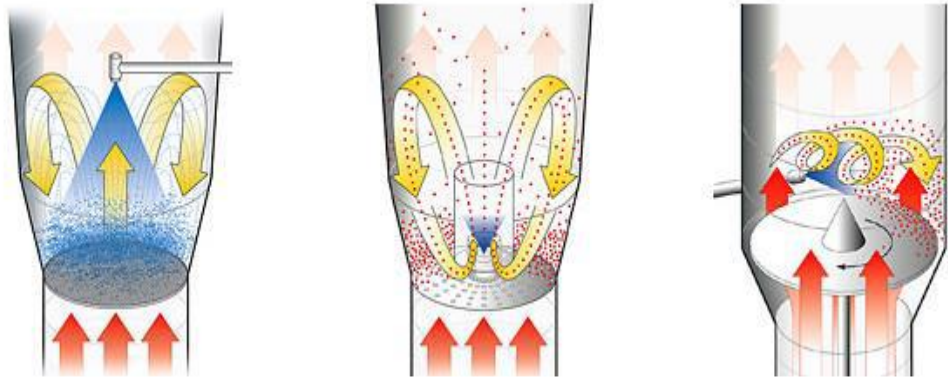
9. Lipit benzeri maddelerle gıdaların kaplanması sağlanmasıdır (Frey, 2014; Werner vd., 2007).

Akışkan yataklı sistemde nozulun yeri, kaplama materyalinin püskürtülme şekline bağlı olarak üstten kaplama, alttan (wurster) kaplama ve açısız hareketli kaplama yöntemi olmak üzere 3 farklı akışkan yatak kaplama yöntemi bulunmaktadır.

Wurster kaplama yönteminde kaplama materyalleri ile sistemdeki havanın püskürtülme yönü aynı ve yukarı yönlüdür. Partiküllerin birikmesini engelleyen bu yöntem partiküllerin aglomere olmadan ayrı ayrı kaplanabilmesini sağlamaktadır. Wurster tüpünün alttaki kısmından giren kaplanacak materyal, bu kısımda havanın etkisiyle akışkanlık kazanır ve bu esnada kaplama materyalinin püskürtülmesi ile sıvı haldeki kaplama materyali ile çekirdek materyalin teması gerçekleşmektedir. Parçacıkların aglomere olması veya topaklanması, parçacıklar arası kaplama değişkenliği ve optimizasyon işleminin zor olması, durgun bölgelerin oluşması, kurulumunun zor olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Frey, 2010).

Açısız kaplama yönteminde deliksiz hava dağıtıcı plakaların yanındaki anulus denilen açıklıklardan hava sisteme verilerek akışkanlık sağlanmaktadır. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi kaplama materyalinin ortama püskürten nozul hava dağıtıcı plaka ile paralel olarak bulunmaktadır ve bu şekilde kaplama materyali açısız olarak püskürtülmektedir. Sistemde sürekli bir karıştırma olduğu için uflanabilir veya kırılabilir özellikteki maddelerin kaplanması için uygun bir yöntem değildir (Guignon vd., 2002; Atak vd., 2017).

Üstten kaplama yönteminde havanın sisteme giriş yönü ile kaplama materyallerinin püskürtülme yönü zıt yönlüdür. Hava dağıtıcı plakanın altından sisteme girerek partikülleri akışkanlaştırırken, püskürtülecek kaplama materyali üst taraftaki nozuldan aşağıya doğru püskürtülmektedir. Sıvı haldeki kaplama materyali çekirdek materyal ile karşılaşarak yüzeyine yapışır ve yapıdaki su uzaklaşarak partikül yüzeyinde kurumaktadır. Küçük parçacıkların aglomerasiyonuna sebep olabileceği için boyutu 0.1 mm ile birkaç milimetre arasında değişen katı partikülleri kaplamak için kullanılır.



Şekil 2.4. Akışkan yataklı kaplama sistemleri

(a) üstten püskürtmeli

(b) alttan püskürtmeli (Wurster)

(c) açısız püskürtmeli

2.8. Kaplayıcı Maddeler ve Özellikleri

Enkapsülasyon teknolojisinde kaplama yapmak amacıyla birçok madde kullanılabilir. Ancak gıda endüstrisinde “genel olarak güvenli” (GRAS) materyal olarak onayı bulunan kaplayıcı maddelerin kullanılmasına izin verilmektedir. Gıda katkı maddeleri için hazırlanan düzenlemeler farmasötiklerden daha katıdır. İlaç kapsülasyonu için yaygın olarak kullanılan bileşiklerin gıda enkapsülasyonu için kullanımı onaylanmamıştır (Wandrey vd., 2010).

İdeal kaplama materyali iyi bir film oluşturma özelliğinde olmalı, aktif maddeyi dağıtma veya emülsiyon yapma ve üretilen emülsiyonu stabilize etme kabiliyeti olmalı, çekirdek materyal ile kimyasal etkileşime girmemeli, çekirdek materyalini işleme ve depolama sırasında bariyer özellikleri iyi olmalı, oksijen, sıcaklık, ışık ve nem gibi koşullarına karşı maksimum koruma sağlamalı ve ucuz olmalıdır (Desai vd., 2005; Poshadri vd., 2010).

Genellikle matris içerisindeki bileşiklerin tutma kapasiteleri enkapsülasyon yöntemine ve kullanılan kaplama materyaline bağlıdır. Bu nedenle, hem kaplayıcı maddeyi hem de kapsülleme metodunu doğru seçmek oldukça önemlidir (Ballesteros vd., 2017).

Yaygın olarak kullanılan kaplama malzemeleri maltodekstrin, gam arabik, peynir altı suyu proteinleri ve aljinattır.

2.8.1. Maltodekstrin

Maltodekstrinler; mısır, patates vb. nişasta kaynaklarının asit hidrolizi ile elde edilen dekstroz eşdeğeri 20’den küçük olan yapılardır (Gibbs vd., 1999).

Maltodekstrinlerin yapısı α -1→4 glikozidik bağlarla bağlanmış glukoz birimlerinin yan yana gelmesiyle oluşmaktadır. Dekstroz eşdeğerliği, polimerlerin kendini oluşturan monomer birimlerine hidroliz derecesinin ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Dekstroz eşdeğerliği yüksek olan maltodekstrinler düşük camsı sıcaklığı sağlayarak plastikleştirici etki göstermekte ve kurutma sırasında yüzeyin büzülmesini önlemektedir (Loksuwan, 2007). Maltodekstrinler yüksek su çözünürlüğüne, sulu çözeltilerde düşük viskoziteye ve düşük maliyete sahip hidrolize nişastalardır. Maltodekstrinler, kapsüllenmiş malzemenin oksijen temasını en aza indiren kaplama filmini oluşturmaktadır (Medina Torres vd., 2016). Renksiz ve kokusuz olan maltodekstrinler nihai ürüne yapısal bütünlük sağlar, kurutma sırasında yapışkanlığı azaltır (Bor vd., 2016). Aroma maddeleri, fenolik bileşikler, uçucu bileşenler gibi çekirdek materyallerin enkapsülasyonunda maltodekstrinler yaygın olarak kullanılmaktadır (Jiménez, 2016).

2.8.2. Gam Arabik

Senegal, Sudan ve Somali'nin de içinde olduğu Kuzey Orta Afrika'nın çöl bölgesinde yetişen Akasya ağacının sakızından elde edilen gam arabik akasya gamı olarak da bilinmektedir. Akasya gamı esas olarak D-glukuronik asit, L-ramnoz, D-galaktoz, L-arabinoz ve türe bağlı olarak en az % 2 oranında proteinden oluşmaktadır. İyi derecede film oluşturma özelliği olan gam arabığın içeriğindeki protein bileşeni yağ ve su fazı arasında emülsifikasyonu sağlamaktadır.

Renksiz, kokusuz, tatsız ve suda yüksek oranda çözünürlük gösteren bir hidrokolloid olan gam arabik stabilizatör, emülgatör, aroma verici, koyulaştırıcı ya da yüzey-kaplayıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Bu özellikleriyle içecek, şekerleme, aroma enkapsülasyonu, unlu mamüller, bira üretimi gibi gıda endüstrisinde enkapsülasyon proseslerinde yaygınca kullanılmaktadır (Gupta vd., 2016; Sanchez vd., 2018).

Yapılan bir araştırmada gam arabik ve maltodekstrin kombinasyonunun kapsülleme verimliliğinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir (Idham vd., 2012).

2.8.3. Peynir Altı Suyu Proteinleri

1990'lı yıllardan itibaren enkapsülasyon teknolojisinde peynir altı suyu proteinleri kaplama maddesi olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak, peynir altı suyu protein konsantresi tozları veya peynir altı suyu protein izolatları (% 95-96 protein)

şeklinde bulunmaktadır. Portakal yağının püskürtmeli kurutucu ile enkapsülasyonunda peynir altı suyu proteinlerinin iyi bir koruma sağladığı ve bu yöntem ile aroma maddesi gibi uçucu bileşiklerin kapsüllenmesinde etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Kim ve Morr, 1996). Bu proteinler emülsiyonların stabilizasyonunun sağlanması amacıyla yüzey özellikleri oluşturmaktadır (Madene vd., 2006). Genellikle kaplama materyalleri kombinasyonlar oluşturularak kullanılmakta ve uçucu maddelerin enkapsüle edilemesinde taşıyıcı ajan olarak görev almaktadır. Bu tür sistemlerde, maltodekstrinler dolgu malzemesi, peynir altı suyu proteinleri ise emülsifiye edici ajan olarak rol almaktadır (Sheu ve Rosenberg, 1998).

2.8.4. Aljinat

Kahverengi deniz alglerinden elde edilen anyonik bir biyopolimer olan aljinat β -D mannuronik asit ve α -gluronik asitten oluşmaktadır. Biyouyumluluk göstermesi, biyobozunur olması, toksik olmaması, yapışma özelliklerinin iyi olması enkapsülasyon teknolojisinde kullanımını ön plana çıkarmıştır. Ancak asidik şartlarda elde edilen kapsüllerde stabilite problemlerinin oluşması enkapsülasyon teknolojisinde aljinatın dezavantajıdır. Aljinik asidin dayanıklılığının sınırlı olması sebebiyle ticari olarak aljinat tuzları şeklinde (magnezyum, potasyum, sodyum ve kalsiyum) bulunmaktadır. Aljinat jellerin yüksek sıcaklıklarda dayanıklı olması pastacılık sektöründe erime problemlerine engel olması sebebiyle kullanılmaktadır (Şener, 2009). Yaygın olarak bakteri hücrelerinin enkapsülasyonunda kullanılmakta olan aljinatlar, son çalışmalarda aromalar, renk maddeleri, mineraller ve vitaminlerin enkapsüle edilmesinde de kullanılmaktadır.

2.9. Ayran

Fermente ürünler hayatımıza binlerce yıl öncesinde girmiştir. Süt ürünleri, sebze ve etlerin fermente edilmesiyle ilgili bilgiler yüz yıllar öncesi hazırlanan kaynaklarda bulunmaktadır. Dünyada tüketilen gıdaların 1/3'ünü fermente gıdalar oluşturmaktadır. Tüketim miktarı bakımından süt ürünleri, içecekler ve tahıl ürünleri en fazla tüketilen gruplardır (Ishibashi ve Yamazaki, 2001).

Günümüzde tüketicilerin sağlıklı ve doğal ürünlere ilgisinden dolayı çok farklı fermente gıdaların üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde toplum tarafından beğenilen, geleneksel olarak üretilen fermente ürünlere örnek olarak yoğurt, peynir, ayran ve tarhana verilebilir. Bunların içerisinde de en önemli yere sahip geleneksel fermente

gıda süt ürünleridir (Donohue ve Salminen, 1996). Özellikle ayran büyük ölçüde ev koşullarında üretilmeye devam eden fermente süt ürünüdür.

Kuru maddesi yaklaşık % 40 su ilave edilerek ayarlanan sütlerin yoğurt kültürü (*S. thermophilus*, *L. bulgaricus*) ile fermentasyonu ile veya yoğurda su ve tuz eklemek suretiyle ayran elde edilmektedir (Bayraktaroğlu, 2008). Yağsız, yarım yağlı ve tam yağlı ayran çeşitleri bulunmaktadır. % 0.5 veya daha az süt yağı içeren yağsız ayran, % 0.8 ile % 1.2 içeren yarım yağlı, % 1.8 veya daha fazla içeren ise tam yağlı ayran sınıfına dahil edilmektedir. Ayranın titrasyon asitliği değeri % 0.5 ile % 1.0 arasında olmalı ve en az % 2.0 süt proteini içermelidir (Anonim, 2009).

Ayran, Türklerle özdeşleşen bir içecek olmakla birlikte dünyanın diğer ülkelerinde ayrana benzerlik gösteren Balkanlara özgü kissel mleka, Hindistan'a özgü dahee ve bazı Arap ülkelerinde leben gibi fermente içecekler de mevcuttur (Şeker, 2008).

Ayran sindirim kolaylığı, hoş tadı ve kokusu, ferahlatıcı etkisi sayesinde yaz aylarında sıklıkla tüketilen, günlük kalsiyum ihtiyacını karşılayan ve vitamin açısından zengin önemli bir gıdadır (Kök-Taş, 2005).

Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* starter kültür olarak ayran üretiminde kullanılmaktadır.

a) *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*: *S. thermophilus* termofilik özellik göstermektedir, Gram (+), optimum gelişme sıcaklığı 45-50°C arasında olan, 6.0-6.5 pH'da gelişebilen, fakültatif anaerob ya da aerob özellikte bir bakteridir. Sütte % 0.5-1 arasında laktik asit üretebilme yeteneğine sahiptir. Lipolitik ve proteolitik aktivitesi düşük olan bu bakteri diasetil, aseton, asetoin ve asetaldehit gibi aroma maddeleri oluşturmaktadır. Bu bakteri asit ve tuz gibi faktörlere ve penisilin gibi bazı antibiyotiklere *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'a göre kıyasla daha hassastır (Şeker,2008).

b) *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*: optimum gelişme sıcaklığı 45°C, Gram (+), temodurik, 5.2-5.5 pH'da iyi gelişebilen, sporsuz bir bakteridir. Zayıf proteolitik aktivitesi gösteren bu bakteri, üründe laktik asit yanında etil alkol, karbonil bileşikler ve uçucu yağ asitleri oluşturabilmektedir. Laktozu fermente etme yeteneği fazla olduğu için yüksek oranda laktik asit oluşturabilmektedir. Anaerob

koşullarda iyi bir aktivite göstermektedir. Monosakkaritleri de kullanabilen bakterinin anaerob şartlarda aktivitesi yüksektir. Asitlere karşı dayanıklıdır ve kazeini amino asitlere hidrolize edebilmektedir (Şeker, 2008).

Yoğurt ve ayran üretiminini gerçekleştirmesini sağlayan bakteri kültürleri için optimum sıcaklık 45 °C civarındadır. Ayran, kullanılan sütün türüne bağlı olarak bileşim, doku, tat, karakteristik ve sağlık özellikleri bakımından farklılık gösterebilir. Sütün yoğurda fermentasyonu esnasında, termofilik laktik asit bakterilerinin gelişmesinden kaynaklanan bazı enzimlerin etkisiyle laktoz kısmen laktik aside dönüştürülür. Bu durum asitliğin düşmesine neden olarak koloidal kalsiyum fosfatın ayrışmasına, kazein misellerinin dengesizleşmesine ve kazein moleküllerinin daha fazla serbest kalmasına neden olur (Jaros ve Rohm, 2003; Routray vd., 2011).

Ayrandaki başlıca tekstürel sorunlar düşük viskozite ve serum ayrılmasıdır. Fermente süt ürünlerinde kazein misellerinin toplanması ve depolama sırasında kazein partiküllerinin çökmesi sebebiyle serum ayrılması meydana gelir. Ayranlarda tuz oranının artması ve su ilavesi serum ayrılmasını arttırdığı tespit edilmiştir (Köksoy ve Kılıç, 2003).

Ayranın fermentasyonu sırasında görev alan *Lactobacillus delbrueckii subs. bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* bakterilerinin sütte pıhtı oluşmasını sağlamalarından ve fermentasyon sırasında biyokimyasal değişikliklerin olmasından dolayı ayranın vücut metabolizmasındaki sindirimi kolaylaşmaktadır. Ayrıca fermentasyon sırasında laktozun laktik asite çevrilmesi ve kısmi olarak proteinlerin parçalanmasıyla sindirim sisteminde meydana gelecek reaksiyonlar ayranı önceden gerçekleştirmektedir (Kök-Taş, 2005).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada Çorum Hamdiköy’den 2023 yılı Temmuz ayında hasat edilen çörek otu tohumları kullanılmıştır. Çörek otu tohumunun kimyasal bileşimi Tablo 3.1’de verilmiştir Laboratuvara getirilen numuneler +4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Kaplayıcı madde ve taşıyıcı ajan olarak gam arabik (Merck, Darmstadt, Almanya) ve maltodekstrin (DE 13.0 - 17.0, Sigma, St. Louis, MO, A.B.D.) kullanılmıştır. Diğer bütün kimyasal maddeler analitik saflıktadır.

Çalışmada kullanılan ayranlar Samsun ilinin Havza ilçesindeki OTAT Gıda Sanayii ve Ticaret Ltd. Şti’nde üretilmiştir.

Tablo 3.1. Çörek otunun kimyasal bileşimi

Analizler	Miktar
Kuru Madde (%)	6.66±0.08
Yağ (%)	39.82±0.19
Timokinon Miktarı (mg/100g)	253.6±0.0

3.2. Yöntem

3.2.1. Ekstraksiyon Koşullarının Belirlenmesi

Çörek otunun biyoaktif maddelerinin ultrasonik dalga destekli ekstraksiyon tekniği ile ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Çörek otu tohumları öğütücüde toz şeklinde öğütülerek ultrasonik dalga destekli ekstraksiyon için çözücünün, ekstraksiyon sıcaklığının ve süresinin en uygun olacağı koşullar belirlenmeye çalışılmıştır. Literatür verileri araştırılarak çörek otu için en uygun süre, sıcaklık ve çözücü parametreleri belirlenmiştir (Hosseinzadeh ve Montahaei, 2007). Bu amaçla 4 farklı oranda çözücü, 3 farklı sıcaklık ve 3 farklı sürede ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden sonra süzülen ve santrifüj edilerek elde edilen süpernatant içindeki çözücü rotary evaporatörde 45 °C’de uzaklaştırılmış ve çörek otu ekstraktı briksi 6 olarak elde edilmiştir.

En uygun çözücünün belirlenmesi amacıyla tohum/çözücü oranı 1/ 10 ve 30 dk süre ve 40 °C sıcaklık parametreleri kullanılmıştır. Çözücü olarak 4 farklı çözücü Ç1 (% 70 etanol + % 30 su), Ç2 (% 50 etanol + % 50 su), Ç3 (% 30 etanol + % 70 su), Ç4 (% 100 su) kullanılmıştır ve tohumların ekstraksiyonu Tablo 3.2’ deki şartlara göre gerçekleştirilmiştir.

Çözücü çeşidi (% 70 etanol + % 30 su) belirlendikten sonra çözücü oranı ve süre (30 dk) sabit tutulmuştur. En uygun sıcaklığı belirleyebilmek için 3 farklı sıcaklık S1 (40 °C), S2 (50 °C) ve S3 (60 °C) olacak şekilde ekstraksiyon denemesi gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.2).

Çözücü çeşidi (% 70 etanol + % 30 su) ve sıcaklık derecesi (60 °C) belirlendikten sonra ekstraksiyon süresini belirleyebilmek için 3 farklı süre T1 (30 dk), T2 (45 dk) ve T3 (60 dk) olacak şekilde ekstraksiyon denemesi gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2.Ekstraksiyon için deneme planı

	Çözücü Çeşidi	Sıcaklık	Süre
Değişken Şartlar	% 70 etanol + % 30 su	40 °C	30 dk
	% 50 etanol + % 50 su	50 °C	45 dk
	% 30 etanol + % 70 su	60 °C	60 dk
	% 100 su		
Sabit Şartlar	40 °C Sıcaklık	% 70 etanol + % 30 su	% 70 etanol + % 30 su
	30 dk	30 dk	60 °C

Ekstraksiyon % 70 etanol + % 30 su, % 50 etanol + % 50 su, % 30 etanol + % 70 su ve % 100 su olmak üzere 4 farklı çözücü, 40 °C, 50 °C ve 60 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklık derecesi ve 30 dk, 45 dk ve 60 dk süre şartlarında gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonunda çörek otu tohumundan elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarı ve DPPH radikali giderme aktivitesi tayinleri yapılmıştır. Buna göre % 70 etanol + % 30 su içeren çözücüde, 60 °C sıcaklık ve 30 dk sürede ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Çörek Otu Tozu Optimizasyonu

Çörek otu tohumlarından püskürtmeli kurutma yöntemi ile toz elde etmek için püskürtmeli kurutucunun proses koşulları optimize edilmiştir (Şekil 3.1).

Optimizasyon çalışmasında Merkezi Kompozit deneme planı gerçekleştirilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve düşük Carr Index elde etmek için 150°C, 160°C ve 170 °C hava giriş sıcaklıklarında, % 10, % 15 ve % 20 maltodekstrin oranı ve % 9, 12 ve 15 (sırasıyla 2.8, 3.7 ve 4.6 mL/dk) olacak şekilde besleme hızlarında seçilmiş ve bu parametreler bağımsız değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutucu oda sıcaklığında (25±2°C)

alıştırılmıştır. Tüm denemelerde hava akışı hızı 601 L/sa (%50) ve aspiratör debisi %100 (35 m³/sa) sabit olacak şekilde ayarlanmıştır.

Optimizasyon alışması için; X1, hava giriş sıcaklığı (°C), X2, maltodekstrin oranı (%) ve X3, akış hızı (%) bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı (Y1), antioksidan aktivite (Y2) ve carr indeks (Y3) sistemde yanıt parametreleri (bağımlı değişkenler) olarak seçilmiştir.



şekil 3.1. Çalışmada kullanılan püskürtmeli kurutucu

Merkezi kompozit deneme planı Tablo 3.3'te, deneme planı için değişkenler ve seviyeleri Tablo 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Merkezi kompozit deneme planı

Deney No	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Maltodekstrin oranı (%)	Besleme hızı (%)
	X1	X2	X3
1	176.82(+ α)	15(0)	12(0)
2	170(+1)	10(-1)	15(+1)
3	160(0)	15(0)	12(0)
4	170(+1)	10(-1)	9(-1)
5	150(-1)	10(-1)	9(-1)
6	160(0)	15(0)	17.0(+ α)
7	160(0)	6.59(- α)	12(0)
8	170(+1)	20(+1)	9(-1)
9	160(0)	15(0)	12(0)
10	150(-1)	20(+1)	9(-1)
11	160(0)	15(0)	12(0)
12	160(0)	15(0)	12(0)
13	150(-1)	10(-1)	15(+1)
14	160(0)	15(0)	12(0)
15	160(0)	15(0)	6.95(- α)
16	170(+1)	20(+1)	15(+1)
17	143.18(- α)	15(0)	12(0)
18	160(0)	23.41(+ α)	12(0)
19	160(0)	15(0)	12(0)
20	150(-1)	20(+1)	15(+1)

Tablo 3.4. Merkezi kompozit deneme planı için değişkenler ve seviyeleri

Bağımsız değişken	Kodlanmış seviyeler				
	- α	-1	0	+1	+ α
X1, Hava giriş sıcaklığı (°C)	143.18	150	160	170	176.82
X2, Maltodekstrin oranı(%)	6.59	10	15	20	23.41
X3, Besleme hızı (%)	6.95	9	12	15	17.00

3.2.3.Çörek Otunun Enkapsülasyonu

Enkapsülasyonu 2 şekilde gerçekleştirilmiştir. Bunlardan biri püskürtmeli kurutma cihazı (Buchi® Mini Spray Dryer B-290, İsviçre) ile yapılan enkapsülasyon, diğeri ise laboratuvar ölçekli akışkan yataklı sistem (Mini Glatt, Almanya) ile yapılan enkapsülasyondur (Şekil 3.2). Toz üretiminde maltodekstrin, mikrokapsül üretiminde maltodekstrin/gam arabik karışımı kullanılmıştır. Maltodekstrinin kullanım amacı, taşıyıcı materyal olarak çörek otu tozu üretiminde ekstraktın camısı geçiş sıcaklığını artırarak püskürtmeli kurutucuda kurutma çeperlerine yapışmasını

azaltarak daha yüksek verimde toz elde etmek ve kaplayıcı materyal gam arabikle beraber çörek otu ekstraktlarının mikrokapsülü elde edilmesini sağlamaktır.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan akışkan yataklı kurutucu

Püskürtmeli kurutucuda mikrokapsül elde etmek için maltodekstrinle aynı oranda gam arabik eklenerek optimum koşullarda üretim gerçekleştirilmiştir.

Akışkan yataklı sistemde mikrokapsül elde etmek için püskürtmeli kurutucuda elde edilen tozların enkapsülasyonu gerçekleştirilmiştir. Akışkan yataklı sistemde ön denemeler yapılarak 60, 75 ve 90 g toz miktarı denenmiş ve en uygun çörek otu tozu miktarı 75 g olarak belirlenmiştir. Akışkanlığı artırmak ve sistemde düzgün bir şekilde enkapsülasyon işlemi yapabilmek için literatürdeki veriler dikkate alınarak, sisteme % 0.5 hidrofilik silikon dioksit (Sigma, St. Louis, MO, A.B.D.) ilave edilmiş, kaplama materyali olarak 35 mL % 10'luk gam arabik çözeltisi 2 mL/dk akış hızında peristatik pompa vasıtasıyla sisteme püskürtülmüştür. Kaplama materyali sisteme püskürtülmeden önce 10 dk boyunca işlem sıcaklığında toz örnekler ısıtılmıştır (Atalar İ., Yazıcı F., 2017). Hava giriş sıcaklığı 70 °C ve ön denemelerle belirlenmiş atomizasyon hava basıncı 1.0 bar ve hava akış hızı 8-10 m³/sa olarak belirlenmiştir. 12 m³/sa hava akış hızından daha yüksek hızlarda toz örnekler akışkan yatak sistemin egzoz filtrelerine kadar ulaşmış ve filtrelere yapıştığından etkin bir enkapsülasyon işlemi gerçekleştirilememiştir. Bu nedenle hava akış hızı 8-10 m³/sa olarak belirlenmiştir. Akışkan yataklı sistemde enkapsülasyon şartları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Akışkan yataklı sistemde uygulanan çalışma koşulları

Parametre	Uygulanan işlem koşulları
Giriş hava sıcaklığı	70 °C
Sisteme yüklenen örnek miktarı	75 g
Kaplama materyali ve oranı	%10 gam arabik çözeltisi
Kaplama çözeltisi püskürtme hızı	2 mL/dk
Hava akış hızı	8-10 m ³ /sa
Atomizasyon hava basıncı	1.0 bar

3.2.4.Kapsül ve Ekstraktların Ayran Üretiminde Kullanımı

Ayran örnekleri Samsun ilinde bulunan Havza Otat Gıda Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nde üretilmiştir. Fabrikanın ayran prosesi değiştirilmeden yağsız ayran üretimi gerçekleştirilmiş ve dolum aşamasında farklı enkapsülasyon teknikleriyle elde edilen mikrakapsüller % 1.5, % 3.0 ve % 4.5 oranlarında ayrana ilave edilmiştir.

Ayran ilave edilen kapsüllerdeki toplam fenolik madde miktarı baz alınarak aynı düzeyde toplam fenolik madde içerek şekilde çörek otu ekstraktı % 0.8, %1.6 ve %2.4 oranlarında ayranlara ilave edilmiştir.

3.2.5.Tohumda Yapılan Analizler

3.2.5.1. Kuru Madde Analizi

Kuru madde analizi için kullanılacak kap, etüvde 105 °C'de sabit tartım elde edinceye kadar kurutulmuştur. 5-10 g civarında öğütücüde öğütülmüş olan çörek otu tohumu kurutulmuş kaba koyulmuş ve tartılmıştır. Bu kap 2 saat boyunca 105°C etüvde bekletilmiş ve etüvden çıkarılıp desikatörde 20 dk soğutulmuştur. Soğutulup tartılan kap etüve tekrar konulmuş ve etüvde 30 dk daha bekletilmiştir. Soğutulan kap tartılmış ve kap sabit tartıma gelene dek bu işleme devam edilmiştir. Kuru madde miktarı şu denklemle hesaplanmıştır (AOAC, 2000):

$$\% \text{ Kuru Madde} = [(X_1 - X_2) / X_1] \times 100 \quad (3.1)$$

X1 numunenin kurumadan önceki ağırlığı (g);

X2 ise kuruduktan sonraki ağırlığıdır (g).

3.2.5.2. Yağ Tayini

Öğütülmüş 10 g çörek otu tohumu 25 mL'lik ekstraksiyon kartuşuna tartılmıştır. Kartuş soxhlet ekstraktörünün içine yerleştirilmeden önce kartuşun ağzı cam pamuğu ile kapatılmıştır. 500 mL'lik balona çözücü olarak, sifon yapması için gerekli miktardan biraz fazla *n*-hekzan eklenmiş, ısıtıcının ısıtma hızı ekstraksiyon hızı saniyede en fazla üç damla olacak şekilde ayarlanmış ve 80°C'da 6 saat ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Rotary evaporatör yağ ve çözücü karışımından çözücü uzaklaştırılmıştır. Numunenin % yağ miktarı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Cheikh-Rouhou vd. 2007).

$$\% Yağ = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (3.2)$$

m_1 : Yağ Kütlesi, (g)

m_2 : Kuru Madde Kütlesi, (g)

3.2.5.3. Timokinon Miktarı

1 g çörek otu tohumu toz haline getirildikten sonra 10 mL etanol-asetik asit-su (50:8:42) içerisinde çözülmüştür, sonra 1 dk boyunca vortekste karıştırılmıştır. Santrifüj cihazında (5 dk, 1000 rpm) santrifüj edilerek 0.45 µm gözenekli filtre kağıdından geçirilmiştir. Süzüntüden alınarak örnekler HPLC cihazına enjekte edilmiştir. HPLC analizi için gerekli koşullar Tablo 3.6'da gösterilmektedir.

Tablo 3.6. HPLC analiz koşulları

Cihaz	HPLC Agilent 1260 Series
Kolon	ACE C18 (4.6 mm x 250 mm, 5 µm)
Mobil faz	Su:Metanol:2-Propanol (50:45:5)
Akış hızı	20 µl/dk
Kolon sıcaklığı	27°C
Dedektör	UV 254 nm
Dedektör	VWD

3.2.6. Ekstraktlarda Yapılan Analizler

3.2.6.1. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Suda çözünür kuru madde tayininde SOIF (WYA-2S, Çin) marka dijital masaüstü refraktometre kullanılmıştır. Elde edilen ekstraktlarda analiz gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

3.2.6.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Çörek otu tohumunun etanol ekstraktlarındaki çözünebilen fenolik maddeler Folin-Ciocalteu reaktifi (FCR) ile belirlenmiştir. Yönteme göre fenolik bileşikler ile Folin- Ciocalteu reaktifi ile mavi yeşil renklerde bileşik oluşturmaktadır. Oluşan bu renkli bileşik polifenolik madde miktarıyla doğru orantılıdır ve 765 nm’de maksimum absorbands göstermektedir.

Çörek otu tohumunun etanol ile ekstraksiyonu sonucunda elde edilen ekstraktların her birinden 0.1 mL alınmıştır. 4.5 mL saf su, üzerine 0.1 mL FCR eklenmiştir. 3 dk sonra 0.3 mL % 2’lik Na₂CO₃ çözeltisi ilave edilerek oda koşullarında 2 sa bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin absorbandsları 765 nm’de okunmuş ve elde edilen sonuçlar oluşturulan galik asit standart eşitliği kullanılarak, ekstrelerin toplam fenolik madde miktarları tayin edilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965).

3.2.6.3. DPPH Radikali Giderme Gücü

Lee vd. (1998)’nın uyguladığı yönteme göre antioksidan aktivite 2,2-difenilpikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme gücü analizi yapılmıştır. Bu metodun prensibi karakteristik mor renkte olan DPPH’in rengindeki değişikliklerin spektrofotometre ile ölçülmesi ilkesine dayanır. Bu amaçla 1 mL çörek otu tohumu ekstraktı ve 4 mL DPPH çözeltisi eklenip 15 s vortekste karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 30 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Hazırlanan metanole karşı Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis spektrofotometre (Hettich-Universal 360 R, Almanya) ile 517 nm dalga boyunda absorbandsı okunarak % inhibisyon oranı hesaplanmıştır:

$$\% \text{ İnhibisyon} = (\text{Abs kontrol} - \text{Abs örnek}) / \text{Abs kontrol} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.7. Kapsüllerde Yapılan Analizler

3.2.7.1. Su Aktivitesi

Su aktivitesi (aw); bir gıda maddesi içerisindeki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranıdır. Su aktivitesinin yüksek olması gıda içerisinde ortamda serbest suyun fazla olduğunu göstermektedir. Su aktivitesi, raf ömrünü etkilediğinden, gıda ürünlerinin bozulmalara karşı değerlendirilmesinde önemli bir parametredir (Quek vd., 2007).

Mikrokapsüllerin su aktivitesi 25°C’de yapılmıştır (Aqualab dewpoint water activity mater 4TE, ABD).

3.2.7.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Kapsüllerin toplam fenolik madde miktarı tayini Singleton ve Rossi (1965)'ye göre yapılmıştır. 1 g mikrokapsül örneği 10 mL etanol-asetik asit-su (50:8:42) içinde çözülmüştür, sonra 1 dk boyunca vortekste karıştırılmıştır. Kapsüllerin ekstraksiyonu gerçekleştirildikten sonra ekstraktlarda uygulanan yöntemle aynı şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.7.3. DPPH Radikali Giderme Gücü

Lee vd. (1998)'nin uyguladığı yöntemle göre antioksidan aktivite analizi yapılmıştır. 1 g mikrokapsül örneği 10 mL etanol-asetik asit-su (50:8:42) içinde çözülmüştür, sonra 1 dk boyunca vortekste karıştırılmıştır. Kapsüllerin ekstraksiyonu gerçekleştirildikten sonra ekstraktlarda uygulanan yöntem uygulanmış ve aynı formülden inhibisyon oranı hesaplanmıştır.

3.2.7.4. Gevşek Yığın Yoğunluğu ve Sıkıştırılmış Yoğunluk

Gevşek yığın yoğunluğu tozun kütesinin hacmine bölünerek hesaplanmaktadır. Tozun ne kadar sıkı yapıda olduğu hakkında bilgi vermesi açısından önemlidir. Yöntemin prensibi, hacmi bilinen bir mezür içerisine kütlesi bilinen tozun hacminin tespitine dayanmaktadır. Gevşek yığın yoğunluğu herhangi bir sallanma hareketi yapılmadığında okunan hacmin kütle ile oranına göre hesaplanmaktadır. Sıkışma meydana gelmesi için mezür sallanır ve okunan hacme bağlı olarak sıkıştırılmış yığın yoğunluğu hesaplanmaktadır. 10 mL mezür içerisindeki tozun miktarının okunan hacim miktarına oranı gevşek yığın yoğunluğu (ρ_L) olarak ifade edilmektedir. Mezürdeki tozun 125 kere elle sallama hareketi yapılarak aynı şekilde tozun miktarının okunan hacim miktarına oranı alınarak sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (ρ_T) değeri tespit edilmiştir.

3.2.7.5. Akışkanlık ve Yapışkanlık (Kohezyon) Analizi

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğunu gevşek yığın yoğunluğu değerine oranlandığında Hausner oranı bulunur. Tozların akabilirliği ve yapışkanlığı Carr indeks değerine ve Hausner oranına göre belirlenmektedir. Tozların kohezyon kuvvetleri ise Hausner oranına göre (HR);

>1.4 yüksek, 1.2-1.4 orta, <1.2 düşük şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Hausner Oranı;

$HR = \rho_T / \rho_L$ eşitliğine göre hesaplanmaktadır.

Carr indeks (CI) değeri >45 çok kötü, 35-45 kötü, 20-35 orta, 15-20 iyi, <15 çok iyi şeklinde sınıflandırılmakta ve bu şekilde akışkanlıklarının seviyesi belirlenmektedir (Jinapong vd., 2008; Szulc ve Lenart, 2013).

Carr İndeks = $(\rho T - \rho L) / \rho T$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Burada ρT sıkıştırılmış yığın yoğunluğunu, ρL ise gevşek yığın yoğunluğunu ifade etmektedir.

3.2.7.6. Yüzey Morfolojisi

Mikrokapsüllerin SEM görüntüleri, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile elde edilmiştir. SEM çalışmaları hizmet alımı şeklinde Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde (KİTAM) yapılmıştır. Numunenin boyutu, numune tutucusu ile uygun olacak boyutta ayarlanarak, çift taraflı bant yardımı ile yerleştirilerek numuneye elektron ışını yansıdığı anda sabit kalması sağlanmıştır. Yalıtkan toz örnekler elektron ışını tarafından taranırken Çarj olmaya (yük birikmesi) eğilimli olduğu için net görüntü elde edilebilmesini etkileyebilmektedir. Bu yüzden numuneler 10 nm kalınlığında Altın-Paladyum kaplama ile kaplanmış ve JSM-6400 elektron mikroskobu (Jeol Ltd., Tokyo, Japan) kullanılarak görüntüleri alınmıştır.

3.2.7.7. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

Kızılötesi (IR) spektroskopisi, inorganik veya organik bileşiklerin karakterize edilmesinde kullanılmaktadır. IR spektrumu, bir maddenin atomları arasındaki bağların titreşimiyle elde edilen frekansların absorpsiyon pikleri ile örneğin kendine has bir spektrumu elde edilmektedir (Büyüksırt vd., 2014).

Birçok teknolojik alanda öneme sahip olan bu cihaz, tıp ve gıda mühendisliği alanında kullanılmaktadır. Maddenin katı ve sıvı fazların içerisindeki grupların, bileşiklerin mukayese edilmesinde ve bileşimleri konusunda bilgi vererek hangi grupta olduğu belirlenmektedir. Lipitlerin, karbonhidratların, amino asitlerin, biyoaktif bileşiklerin yapısının tayin edilmesinde kullanılmaktadır. Analiz için az miktardaki numunenin cihaza verilmesiyle, yüksek kaliteli spektral veriler elde edilmektedir.

Örneklerin FTIR spektrumları hizmet alımı şeklinde Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (KİTAM) yapılmıştır. FTIR spektrumları 4000-650 cm^{-1} dalga boyunda elde edilmiştir.

3.2.7.8. Biyoaktif Bileşen Analizi

Mikrokapsüllerde bulunan timokinon ve karvakrol biyoaktif bileşenleri HPLC (Agilent 1260) cihazı kullanılarak Robert vd. (2010) kullandıkları metodun modifiye edilmesiyle tespit edilmiştir. HPLC cihazında gerçekleştirilen timokinon ve karvakrol analizi için, 1 g toz/mikrokapsül örneği 10 mL etanol-asetik asit-su (50:8:42) içerisinde çözülmüştür, sonra 1 dk boyunca vortekste karıştırılmıştır. Santrifüj cihazında (5 dk, 1000 rpm) santrifüj edilerek 0.45 µm gözenekli filtre kağıdından geçirilmiştir. Süzüntüden alınarak örnekler HPLC cihazına enjekte edilmiştir. HPLC analizi için Tablo 3.6'daki koşullar kullanılmıştır. Kapsüllerde biyoaktif bileşen analizi yapılırken tohumda yapılan aynı metot uygulanmıştır.

Elde edilen ürünlerde timokinon ve karvakrol miktarlarını tespit etmek üzere HPLC analizi gerçekleştirmek üzere timokinon standardı grafiği elde edilmiştir. Bu amaçla 5-15-25-50-100-500 ppm standart maddeler oluşturulmuş ve kromatogramlar elde edilmiştir.

3.2.8. Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayranlarda Yapılan Analizler

3.2.8.1. pH

Ayranların pH analizi için, oda sıcaklığındaki (25 °C) pH metre ölçüm cihazı (Eutech pH 700, EUTECH Instruments Pte. Ltd., Singapur) kullanılarak ölçümü yapılmıştır.

3.2.8.2. Titrasyon Asitliği

Titrasyon asitliği için örnekler içerisindeki baskın asit olan laktik asit üzerinden örneklerdeki toplam asidin miktarı hesaplanmıştır. 10 mL sıvı örnek üzerine, 100 mL saf su eklenip 2-3 damla fenolfitaleyn indikatörü damlatılmıştır. Titrasyon işlemi için bürete 0.1 N NaOH konulmuş ve renk dönüşümü sağlanıncaya kadar titrasyon yapılmıştır ve titrasyon asitliği hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon Asitliği} = \frac{V(f)E(100)}{M} \quad (3.5)$$

V harcanan 0.1 N NaOH hacmi (mL), f NaOH çözeltisinin normalitesi tam olarak 0.1 değilse, çözeltinin faktörüdür, E 1 mL 0.1 N NaOH'in eşdeğer asit miktarı (g) ve M titre edilen örneğin miktarıdır (mL veya g).

3.2.8.3. Renk Analizi

Gıda endüstrisinde tüketicinin seçim ve tercihlerini etkileyen renk olarak tanımlanan gıdanın görsel durumu kalitesini belirleyen önemli bir özelliğidir. Bir maddenin rengi, farklı renk koordinat sistemleriyle ifade edilebilmektedir. Ayran örneklerinde CR-400 renk cihazı kullanılarak ölçülen renk değerlerinden +a kırmızılığı, -a yeşilliği tanımlarken, +b sarılığı, -b ise maviliği tanımlamaktadır. L değeri ise beyazlığı ifade etmektedir.

3.2.8.4. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivite Analizleri

Çörek otu ekstraktı ve mikrokapsülü ilave edilen ayranların biyoaktif bileşenlerini ekstrakte etmek amacıyla 30 mL asitlendirilmiş etanol 20 mL ayrana eklenmiştir. 4 °C’de 16 saat bekletilip Whatman No:1 filtre kâğıdı kullanılarak filtre edilerek süzüntü elde edilmiştir. Ayran ve mikrokapsülde açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir (Koca vd., 2008, Singleton ve Rossi, 1965).

Aynı şekilde elde edilen süzüntü DPPH Radikali Giderme Aktivitesi tayininde kullanılmıştır. Analiz ve hesaplama ekstrakt ve mikrokapsülde açıklandığı şekilde yapılmıştır.

3.2.8.5. Biyoaktif Bileşen Analizi

Ayranlarda timokinon analizi için, asitlendirilmiş etanol ile ekstrakte edilen örnek daha sonra vortekste 1 dk boyunca karıştırılmıştır. Santrifüj cihazında (1000 rpm, 5 dk) santrifüj edildikten sonra 0.45 µm gözenekli filtre kağıdından geçirilmiştir. Daha sonra süzüntüden alınan örnekler HPLC cihazına enjekte edilmiştir. HPLC analizi için gerekli koşullar Tablo 3.6’da belirtildiği şekilde mikrokapsülde kullanılan koşullar ile aynıdır.

3.2.8.6. Ayran Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizleri

Örnek Hazırlama

Mikrokapsül ilave edilen ayran örnekleri çalkalanıp aseptik şartlarda açılmıştır. Steril bir pipetle 10 mL örnek alınıp parçalayıcının (Stomacher 400) özel torbasına konulmuştur. Üzerine homojen hale getirmek için ¼ gücündeki Ringer (LAB M ¼

strength Ringers solution (tablets), Topley House, Bury, Lancashire, UK) çözeltisi eklenmiştir. Örneğin desimal dilüsyonları 10^{-6} ya kadar yapılmıştır (Harrigan, 1998).

Toplam Aerobik Mezofilik Mikroorganizma Sayısı

Besiyeri olarak Plate Count Agar (Acumedia Manufacturers, Inc. Baltimore, Maryland) kullanılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 37 ± 1 °C’ de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Sayım 30-300 arasında koloni bulunan petri kaplarında yapılmıştır ve dilüsyon faktörü ile çarpılarak toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı belirlenmiştir (Harrigan, 1998).

Maya-Küf Sayısı

Besiyeri olarak Yeast Extract/Dextrose/Chloramphenicol/Agar kullanılmıştır. Ekimi yapılan petri kaplarının, 25 ± 1 °C’ de 5-7 gün inkübasyonu sonunda sayım 10-150 arasında koloni bulunan petri kaplarında yapılmış ve dilüsyon faktörü ile çarpılarak maya-küf sayısı bulunmuştur (Anonim, 1996).

Koliform Grubu Bakteri Analizi

Besiyeri olarak Violet Red Bile Agar (VRB) besiyeri kullanılmıştır. Ekimi yapılan petri kaplarının, 35°C’de 24 saat inkübasyonu sonunda 0.5 mm’den büyük çevresinde pembe çökelti meydana gelen kırmızı renkli kolonilerin petri kaplarında sayımı yapılmış ve koliform grubu bakteri sayısı bulunmuştur (Al-Kadamany vd., 2002).

Streptokok ve Laktobasil Sayısı

Ayran örneklerinde, starter ayran kültürünü oluşturan Streptokoklar ve Laktobasillerin sayıları belirlenmiştir. Streptokok bakteri sayımı için M17 agar, laktobasil bakteri sayımı için MRS agar kullanılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 37 °C’ de 48 saat inkübasyona bırakılmış, sayım 30-300 arasında koloni bulunan petri kaplarında yapılmış ve dilüsyon faktörü ile çarpılarak Streptokok bakteri sayısı belirlenmiştir.

Ekim yapılan petri kaplarının aneorobik ortamda (CO₂’li inkübatör), 44 °C’de 72 saat inkübasyonu yapılmış 30-300 koloni bulunan petri kaplarında sayım yapılmış ve Laktobasil bakteri sayısı dilüsyon faktörü ile çarpılarak hesaplama yapılmıştır (Gardini vd., 1999).

3.2.8.7. Duyusal Analiz

Ayranların duyusal analizleri, 10 kişilik yarı eğitilmiş panelist grup ile gerçekleştirilmiştir. Ayranlar hazırlandıktan sonra rastgele üç rakamlı sayılar verilerek panelistlere sunulmuştur. Panelistlerden ayranların görünüm, renk, kıvam, tat-aroma, koku ve genel beğeni bakımından 1, 14 ve 28. günlerde değerlendirme yapmaları istenmiştir. Duyusal analizde 1 “çok kötü” ve 9 “çok iyi” olarak kabul edilmiştir. Ayrıca panelistlerden piyasada böyle bir ayran olması durumunda satın alma olasılıklarını değerlendirmeleri istenmiştir. Duyusal analiz formunda satın alma davranışları 1 “Kesinlikle alırdım”, 2 “Belki alırdım”, 3 “Kesinlikle almazdım” şeklinde değerlendirilmiştir. Duyusal analiz formu Ek 1’de verilmiştir.

3.3. İstatistiksel Analiz

Çörek otu tohumunun farklı yöntemlerle kaplanması işlemlerinde kaplama materyalinin kombinasyonlarının belirlenmesi, optimize edilmesi ve ayranların depolanmasında yapılan analizler istatistiksel olarak SPSS (IBM SPSS Statistics 27.0.1) paket programı kullanılarak ANOVA analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ekstrakt ve mikrokapsül ilave edilen ayranlarda yapılan analizler faktöriyel ANOVA analizi ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel açıdan farklılık ($p=0.05$) Tukey’s testi kullanılarak belirlenmiştir.

Regrasyon analizi, istatistiksel analizler, optimizasyon işlemleri, eşyükselti eğrileri ve yanıt yüzey grafikleri Design Expert Version 7.0.0 deneme sürümü programı (Stat-Ease, Minneapolis, A.B.D) yardımıyla yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Uygun Ekstraksiyon Koşullarının Seçilmesi

Ekstraksiyon işlemini gerçekleştirmek için çözücü oranı, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresi denemeleri ultrasound destekli ekstraksiyon metoduna göre gerçekleştirilmiş ve bu denemeler sonucunda elde edilen ekstraktlarda toplam fenolik madde miktarı ve DPPH antioksidan aktivitesi analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre en uygun parametreler belirlenmiştir.

4.1.1. Çözücü Çeşidinin Ekstraktların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

%70 etanol-%30 su, %50 etanol-%50 su, %30 etanol-%70 su ve %100 su içeren çözücülerin ekstraktların toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi araştırılmıştır. Ekstraksiyon süresince sıcaklık 40 °C ve süre 30 dk olarak sabit tutulmuştur. Sonuçlar Tablo 4. 1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Çözücü çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi*

Örnek	Toplam Fenolik Miktarı (g GAE/kg)	Antioksidan Aktivite (% İnhibisyon)
Ç1	490.40 ±10.32 ^a	33.17±0.02 ^c
Ç2	406.35±1.34 ^b	37.54±0.00 ^a
Ç3	384.85±2.76 ^c	32.13±0.07 ^b
Ç4	357.85±4.31 ^d	33.82±0.32 ^d

* : ortalama ± standart sapma.

a-d: Ekstrakt çeşitleri için aynı sütundaki küçük harfler çeşitlerin karşılaştırması olup aynı harfler, örnekler arasında istatistikî olarak fark bulunmadığını göstermektedir ($p>0,05$).

Ç1: %70 EtOH-%30 H₂O; Ç2: %50 EtOH-%50 H₂O; Ç3: %30 EtOH-%70 H₂O; Ç4: %100 H₂O (Sıcaklık 40 °C, ekstraksiyon süresi: 30 dk).

Toplam fenolik madde miktarına bakıldığında %70 etanol-%30 su çözücü oranı önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Çözücü çeşidinin ekstraktların antioksidan aktivitesi üzerine etkisine bakıldığında örnekler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite baz alınarak optimum çözücü çeşidinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Daha yüksek serbest radikal süpürme etkinliği yüksek antioksidan aktivite değeri ile sağlanabilmektedir. Buna göre en yüksek radikal süpürme etkisi % 50 EtOH - % 50 H₂O, ardından % 100 H₂O

ile elde edilmiştir. Ayrıca % 5 EtOH - % 50 H₂O çözücü sistemi ile elde edilen ekstraktın toplam fenolik madde miktarı 406.35 g GAE/kg olarak bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik madde miktarı % 70 EtOH - % 30 H₂O çözücü sistemi ile 490.40 g GAE/kg olarak elde edilmiştir ($p<0.05$).

Çözücü içindeki etanol oranı arttıkça toplam fenolik madde miktarı da artmıştır ($p<0.05$). Mariod vd. (2009), çörek otu tohumlarının metanol ile ekstrakte ettikleri çalışmalarında toplam fenolik madde miktarını 78.8 ve 27.8 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g olarak bulmuşlardır. Uras vd. (2010) ülkemizden temin ettikleri çörek otu tohumlarının ekstraksiyonunda toplam fenolik madde miktarını 410.78 mg/g GAE ve inhibisyon oranı ise % 95 olarak tespit etmişlerdir. Koçak, M. (2021) yaptığı çalışmada çörek otu tohumunda toplam fenolik madde miktarını 45.42 mg GAE/100 g olarak, inhibisyon oranını ise %15 olarak tespit etmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı %70 etanol-%30 su, %50 etanol-%50 su, %30 etanol-%70 su ve %100 su içeren çözücü ile ekstraksiyon yapıldığında sırasıyla 490.40, 406.35, 384.85 ve 357.85 g GAE/kg olarak, antioksidan aktivite % olarak 33.17, 37.54, 32.13 ve 33.82 tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre en uygun çözücü oranı %70 etanol-%30 su içeren çözücü olarak seçilmiştir.

4.1.2. Sıcaklığın Ekstraktların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

%70 etanol-%30 su içeren çözücü belirlendikten sonra çözücü oranı ve süre (30 dk) sabit tutulup en uygun sıcaklık denemesi gerçekleştirilmiştir. 40, 50 ve 60 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklık uygulanmıştır.

40, 50 ve 60 °C sıcaklığın ekstraktların toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarına bakıldığında 60 °C ekstraksiyon sıcaklığı önemli derecede yüksek bulunmuş ve 3 farklı sıcaklık derecesi arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.2. Sıcaklığın toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi*

Örnek	Toplam Fenolik Miktarı (g GAE/kg)	Antioksidan Aktivite (% İnhibisyon)
S1(40 °C)	116.90 ±2.30 ^c	65.06±0.83 ^a
S2(50 °C)	187.60±11.31 ^b	61.35±0.12 ^b
S3(60 °C)	248.05±10.68 ^a	59.22±0.30 ^c

* : ortalama ± standart sapma.

a-c: Ekstrakt çeşitleri için aynı sütundaki küçük harfler çeşitlerin karşılaştırması olup aynı harfler, örnekler arasında istatistikî olarak fark bulunmadığını göstermektedir. (p>0,05). S1: 40°C; S2: 50°C; S3: 60°C (çözücü %70 EtOH-%30 H₂O, ekstraksiyon süresi: 30 dk).

Ekstraksiyon sıcaklığının ekstraktların antioksidan aktivitesi üzerine etkisine bakıldığında tüm örnekler arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmiştir (p<0.05).

Genel olarak sıcaklık yükseldikçe toplam fenolik madde miktarı artmıştır (p<0.05). 60 °C sıcaklıkta yapılan ekstraksiyon işleminde toplam fenolik madde miktarı 248.05 g GAE/kg, ekstraktların DPPH aktivitesi 40°C’de en yüksek değeri göstermiştir.

Kadam ve Lele (2017) çörek otunun ekstraksiyonu amacıyla yaptıkları optimizasyon çalışmasında % 60 etanol-% 40 su içeren çözücüde sıcaklık 40 °C’den 60 °C’ye yükseliğinde toplam fenolik madde miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Yine benzer şekilde etanol konsantrasyonu ve sıcaklığın artmasıyla toplam fenolik madde içeriğinin arttığını gösteren çalışmalar vardır (Tan vd., 2013).

Farklı sıcaklıklardaki ekstraksiyon işlemi gerçekleştirildiğinde sırasıyla 40, 50 ve 60 °C sıcaklığındaki ekstraksiyonlarda toplam fenolik madde miktarı 116.90, 187.60 ve 248.05 g GAE/kg olarak, antioksidan aktivite % olarak 65.06, 61.35 ve 59.22 tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre en uygun ekstraksiyon sıcaklığı 60 °C olarak seçilmiştir.

4.1.3. Sürenin Ekstraktların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

% 70 etanol-% 30 su içeren çözücü oranı ve 60 °C sıcaklık belirlendikten sonra en uygun süre denemesi gerçekleştirilmiştir. 30, 45 ve 60 dk olmak üzere 3 farklı sürede denenmiştir.

30, 45 ve 60 dakikanın ekstraktların toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Sürenin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi*

Örnek	Toplam Fenolik Miktarı (g GAE/kg)	Antioksidan Aktivite (% İnhibisyon)
T1(30 dk)	328.70 ±6.22 ^a	77.41±0.81 ^a
T2(45 dk)	295.40±11.88 ^a	79.05±0.43 ^a
T3(60 dk)	226.90±8.49 ^b	78.82±1.38 ^a

* : ortalama ± standart sapma.

a-c: Ekstrakt çeşitleri için aynı sütundaki küçük harfler çeşitlerin karşılaştırması olup aynı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunmadığını göstermektedir. ($p>0,05$). T1: 30 dk; T2: 45 dk; T3: 60 dk (çözücü %70 EtOH-%30 H₂O, sıcaklık: 60 °C).

Toplam fenolik madde miktarına bakıldığında 60 dk ekstraksiyon süresi önemli derecede düşük bulunmuş ($p<0.05$) ve 30 ve 45 dk ekstraksiyon süreleri arasında ise istatistiksel bakımdan herhangi bir fark bulunmamıştır ($p >0.05$).

Ekstraksiyon süresinin ekstraktların antioksidan aktivitesi üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etki etmediği belirlenmiştir ($p >0.05$).

Ekstraktlar en yüksek antioksidan aktivite değerini 45 dakikalık ekstraksiyon süresinde vermişlerdir. 30 dk yapılan ekstraksiyon işleminde toplam fenolik madde miktarı 328.70 g GAE / kg olarak bulunurken, süre ilerledikçe toplam fenolik madde miktarı azalmıştır.

Mariod vd. (2009) çörek otu tohumlarının metanol ile ekstrakte ettiklerinde toplam fenolik madde miktarını 78.8 ve 27.8 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g olarak bulmuşlardır. Uras vd. (2010) çörek otu tohumlarının ekstraksiyonunda toplam fenolik madde miktarını 410.78 mg/g GAE ve inhibisyon oranı ise % 95 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızın sonuçları literatürde yer alan çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir. Literatürdeki diğer çalışmalara bakıldığında tohumlar arasında çıkan farklılığın sebebi tarım tekniklerinin (sulama, gübre, hasat zamanı vb.), toprak yapısının farklı olması, iklim ve çevre şartları gibi etmenlerin tohumun içeriği üzerine olan etkisinden oluşabileceği düşünülmektedir.

Farklı sürelerde ekstraksiyon işlemi gerçekleştirildiğinde 30, 45 ve 60 dk sürelerindeki ekstraksiyonlarda toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 328.70,

295.40 ve 226.90 g GAE/kg olarak, antioksidan aktivite % olarak 77.41, 79.05 ve 78.82 tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre en uygun ekstraksiyon süresi 30 dk olarak seçilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde % 70 etanol+% 30 su içeren çözücü, 60 °C sıcaklık ve 30 dk süre optimum değerler olarak kabul edilmiştir.

4.2. Ekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonu

4.2.1. Optimizasyon Çalışması

Püskürtmeli kurutucuda toz elde etmek için işlem parametreleri; hava giriş sıcaklığı 150, 160 ve 170 °C, maltodekstrin oranı % 10, 15 ve 20 ve akış hızı % 9, 12 ve 15 (sırasıyla 2.8, 3.7 ve 4.6 mL/dk) olacak şekilde deneysel tasarım planlanmıştır. Çözeltiler püskürtmeli kurutucuya oda sıcaklığında (25±2°C) verilmiştir. Tüm ölçümlerde hava akışı hızı 601 L/sa (%50) ve aspiratör debisi ise %100 (35 m³/sa) olacak şekilde ayarlanmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen çörek otu tozlarının merkezi kompozit tasarımının deneysel sonuçları

Deney No	Giriş Sıcaklığı (°C)	Malto-dekstrin Oranı(%)	Akış Hızı (%)	Toplam Fenolik Madde (mgGAE/100g)	Antioksidan Aktivite(%)	Carr İndeks
1	176.82	15	12	145.85	57.74	46.34
2	170	10	15	197.75	66.99	33.17
3	160	15	12	97.30	71.80	39.90
4	170	10	9	173.55	74.79	40.10
5	150	10	9	165.75	70.20	40.05
6	160	15	17	78.65	75.72	39.40
7	160	6.59	12	166.65	85.08	45.17
8	170	20	9	58.20	73.17	38.34
9	160	15	12	110.90	79.42	40.05
10	150	20	9	59.20	73.48	39.10
11	160	15	12	82.80	74.87	40.00
12	160	15	12	87.90	68.87	40.10
13	150	10	15	127.50	81.71	45.85
14	160	15	12	118.20	76.01	40.20
15	160	15	6.95	87.50	81.60	39.95
16	170	20	15	66.80	75.53	37.17
17	143.18	15	12	83.30	75.22	40.05
18	160	23.41	12	56.10	71.85	42.84
19	160	15	12	101.70	76.83	40.05
20	150	20	15	76.60	77.49	41.17

Püskürtmeli kurutucu ile kurutucu işlemi proses koşulları, maksimum toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite, minimum Carr İndeks değerini belirleyebilmek için optimize edilmiştir. Çörek otu tozu için optimum kurutma koşulları hava giriş sıcaklığı 165 °C, maltodekstrin oranı % 10 ve besleme hızı % 9 olarak belirlenmiştir.

4.2.2. Model Uygunsuzluğunun Belirlenmesi

Yapılan ön çalışmalarla püskürtmeli kurutucuda maltodekstrin ve/veya kaplayıcı madde konsantrasyonu % 10 olarak belirlenmiştir. Regresyon analizi ve varyans analizi (ANOVA) modelin uygun olup olmadığını belirlemek ve model terimlerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için Merkezi Kompozit deneme planı kullanılmıştır. Her bir yanıt arasındaki matematiksel ilişkiyi ifade eden modeller ile optimizasyon çalışmasında bulunan işlem değişkenleri ile çoklu lineer regresyon analizi yapılmıştır. Bunun için modellere her bir değişken için öncelikle lineer etkisi, sonrasında quadratik etkisi ve interaksiyon etkisi sırası ile toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve ‘model uygunsuzluğu’ (lack of fit) testi değerleri hesaplanmıştır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Her bir yanıt üzerine çörek otu tozu ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı*	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/kg)		Antioksidan Aktivite (DPPH) (%İnhibisyon)		Carr Index	
	Kareler Toplamı	p-değeri**	Kareler Toplamı	p-değeri	Kareler Toplamı	p-değeri
Model	30899.455	0.0007	405.9898	0.1966	69.499	0.6213
X1	2177.4906	0.0310	127.9332	0.0497	3.415719	0.5635
X2	25460.717	< 0.0001	19.42311	0.4050	3.921955	0.5364
X3	0.6302749	0.9668	0.002605	0.9922	0.099378	0.9208
X1X2	986.79031	0.1222	7.727154	0.5955	7.742113	0.3895
X1X3	359.79031	0.3319	54.95869	0.1743	31.88011	0.0979
X2X3	200.50031	0.4641	0.876223	0.8572	0.515113	0.8212
X1 ²	889.0408	0.1400	126.0664	0.0511	3.123762	0.5804
X2 ²	651.36503	0.2001	23.57498	0.3607	8.129435	0.3784
X3 ²	155.28804	0.5181	26.18869	0.3365	8.724074	0.3622
Kalıntı	3460.2583		256.9745		95.68802	
Model ***						
Uygunsuzluğu	2558.0183	0.1387	186.1197	0.1564	95.63802	< 0.0001
Saf Hata	902.24		70.85478		0.05	
Toplam Hata	34359.713		662.9643		165.187	
R ²	0.8993		0.6124		0.4207	

*X1: Hava giriş sıcaklığı; X2: Maltodekstrin oranı; X3: Akış hızı

**p değeri < 0.05 ise önemlidir ($\alpha=0.05$).

***Model uygunsuzluğu değeri, p değeri > 0.05 ise önemli değildir.

ANOVA sonuçlarında p değeri 0.05'ten büyük olduğu etkiler önemsiz kabul edilmiş ve model hiyerarşisi zarar görmeksizin bu terimler modelden çıkarılmıştır. Yanıt yüzey sonuçları için 'lack of fit' değeri (model uygunsuzluğu) modelde önemsiz ($p>0.05$) olması gereklidir. Toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite ve carr indeks için model uygunsuzluğu % 95 güven aralığında önemsiz bulunmuştur.

4.2.3. Optimum Noktaların Belirlenmesi ve Doğruluğunun Sağlanması

Püskürtmeli kurutucuda optimum noktalar belirlenirken, yüksek toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite ile düşük carr indeks değeri hedeflenmiştir. Çörek otu tozu için optimum kurutma koşulları hava giriş sıcaklığı 165 °C, maltodekstrin oranı % 10 ve besleme hızı % 9 olarak belirlenmiştir. İstenilirlik (Desirability) değerinin 0.745 olduğu koşullarda üretilen toz örneklerinin tahmini ve ölçülen bağımlı değişkenlerin değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Tozların ölçülen toplam fenolik madde tahmini değerinden daha yüksek bulunurken, antioksidan aktivite ve carr indeks değerlerin yakın seviyelerde bulunmuştur.

Tablo 4.6. Çörek otu tozu istenilirlik fonksiyonuna göre optimum şartlardaki tahmini ve ölçülen değerleri

Çörek Otu Toz No	Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	Maltodekstrin Oranı (%)	Akış Hızı (%)	Fenolik Madde (mg/kg GAE)	Antioksidan Aktivite (% İnhibisyon)	Carr İndeks	İstenilirlik
1	165	10	9	162.46	77.20	41.40	0.745
2	165	10	9	162.99	77.10	41.42	0.745
3	165	10	9	160.49	77.54	41.32	0.745
Ölçülen değerler	165	10	9	242.15±0.15	76.30±3.18	40.67±0.67	

4.2.4. Verim

Püskürtmeli kurutucuda elde edilen tozların % verimi tozların ağırlığının, kurutucu sistemine beslenen katı madde madde miktarına oranı ile hesaplanmaktadır. Toplam mikrokapsül kütlelerinden, toplam emülsiyon kütlelerinin bir fonksiyonu olarak püskürtmeli kurutucu verimi ifade edilebilmektedir (Jiménez, 2016). Çörek otu tohumu püskürtmeli kurutucuda elde edilen tozlarının verimi Tablo 4.7'te gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen çörek otu tozlarının verimi

Deney No	Giriş Sıcaklığı (°C)	Malto-dekstrin Oranı(%)	Akış Hızı (%)	Verim (%)
1	176.82	15	12	85.85
2	170	10	15	84.35
3	160	15	12	86.91
4	170	10	9	84.98
5	150	10	9	83.30
6	160	15	17.0	88.25
7	160	6.59	12	80.62
8	170	20	9	88.80
9	160	15	12	83.63
10	150	20	9	87.00
11	160	15	12	85.11
12	160	15	12	85.24
13	150	10	15	77.42
14	160	15	12	84.84
15	160	15	6.95	85.49
16	170	20	15	89.23
17	143.18	15	12	87.00
18	160	23.41	12	89.78
19	160	15	12	84.26
20	150	20	15	85.24

Püskürtmeli kurucu işlem parametreleri 150 °C hava giriş sıcaklığı, % 10 maltodekstrin oranı ve % 15 akış hızı olan denemede % 77.42 ile en düşük verim, 160 °C hava giriş sıcaklığı, % 15 maltodekstrin oranı ve % 9 akış hızı olan denemede % 89.78 ile en yüksek verim tespit edilmiştir. Laboratuvar ölçekli bir püskürtmeli kurutucuda başarılı bir verimden söz etmek için en az % 50 verim düzeyinin olması gerekmektedir. Kurutucunun verimi, önemsenmeyecek düzeyde tozların yapışkanlığından etkilenmektedir (Bhandari vd., 1997).

Maltodekstrin miktarındaki artış ile beraber giriş sıcaklığının artmasıyla verim artmıştır. Özdemir (2019) fesleğen uçucu yağını enkapsüle ettiği çalışmasında verimi % 65.92-76.39 arasında tespit etmiştir.

Mohammed vd. (2018) çörek otu yağının enkapsülasyonu ile ilgili yaptıkları çalışmada verimliliği % 92.87 olarak tespit etmiştir. Bu değer çalışmamızda elde ettiğimiz değerle uyumludur.

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Bağımsız değişkenlerin (hava giriş sıcaklığı (°C), maltodekstrin oranı (%) ve akış hızı) fonksiyonu olarak çörek otu tozu örneklerinin toplam fenolik madde miktarı değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Örnek model denklemler elde edilmiştir.

$$\text{Toplam fenolik madde} = 2002.62 - 23.22 \times X_1 + 14.83 \times X_2 - 32.09 \times X_3 - 0.22 \times X_1 \times X_2 + 0.22 \times X_1 \times X_3 + 0.33 \times X_2 \times X_3 + 0.08 \times X_1^2 + 0.27 \times X_2^2 - 0.37 \times X_3^2 \quad (4.1)$$

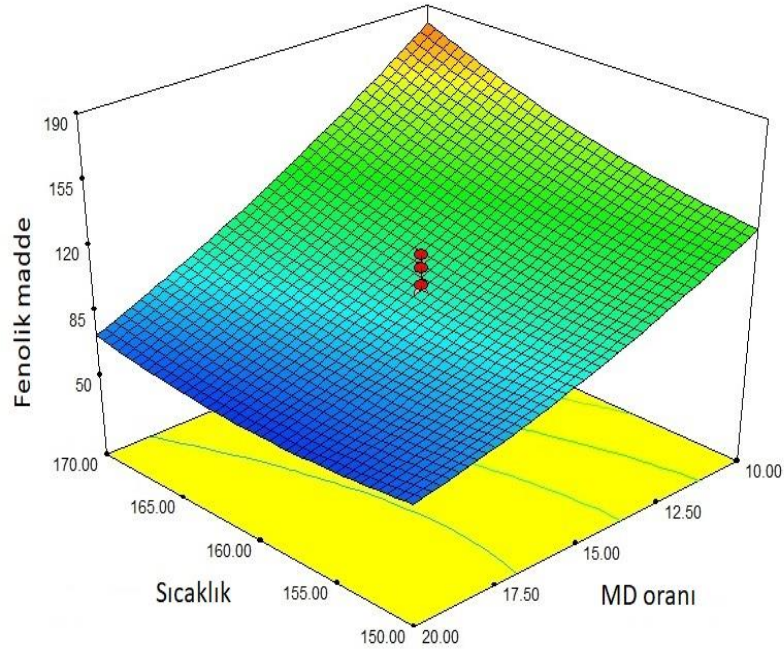
X₁: Hava giriş sıcaklığı (°C)

X₂: Maltodekstrin oranı (%)

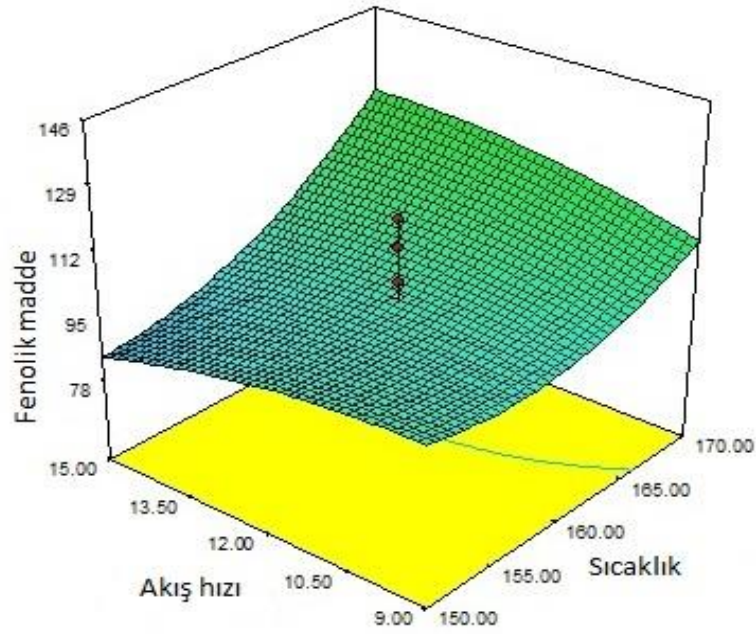
X₃: Akış hızı (%)

Püskürtmeli kurutucuda elde edilen çörek otu tozlarının toplam fenolik madde miktarları 56.10-197.78 mg GAE/100g arasında bulunmuştur. Çörek otu tozu için toplam fenolik madde miktarı, maltodekstrin oranı ve hava giriş sıcaklığından önemli derecede etkilenmiştir ($p < 0.05$).

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de görüldüğü gibi çörek otu tozları toplam fenolik madde miktarı hava giriş sıcaklığının artması ve bununla birlikte maltodekstrin oranının azalması ile artış göstermiştir. Çörek otu tozları için, giriş sıcaklığının en yüksek ve maltodekstrin oranının en düşük olduğu noktada toplam fenolik madde içeriği en yüksek değerine ulaşmıştır. Seyrekoğlu (2021) yaptığı optimizasyon çalışmasında sıcaklığın artışıyla beraber toplam fenolik madde miktarının arttığını belirtmiştir. Yapılan başka bir çalışmaya göre sıcaklık fenolik madde miktarını etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu, özellikle 160 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda fenolikler üzerine olumlu bir artışın gözlenmediği belirtilmiştir (Anandharamakrishnan, 2015). Trabzon hurması kabuğu etken maddelerinin ekstrakte edilmesini konu alan bir çalışmaya göre uygulanan ısı işlemleri toplam fenolik madde konsantrasyonunu ve antioksidatif aktivite değerlerini arttırmıştır (Kim vd., 2006).



Şekil 4.1. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi: sıcaklık- maltodekstrin oranı



Şekil 4.2. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkisi: akış hızı- sıcaklık oranı

Antioksidan Aktivite

Bağımsız değişkenlerin (hava giriş sıcaklığı (°C), maltodekstrin oranı (%) ve akış hızı) fonksiyonu olarak çörek otu toz örneklerinin antioksidan aktivite değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Örnek model denklemler elde edilmiştir.

$$\text{Antioksidan Aktivite} = -713.54 - 9.91 \times X_1 - 5.18 \times X_2 + 10.05 \times X_3 + 0.02 \times X_1 \times X_2 - 0.09 \times X_1 \times X_3 + 0.02 \times X_2 \times X_3 - 0.03 \times X_1^2 + 0.05 \times X_2^2 - 0.15 \times X_3^2 \quad (4.2)$$

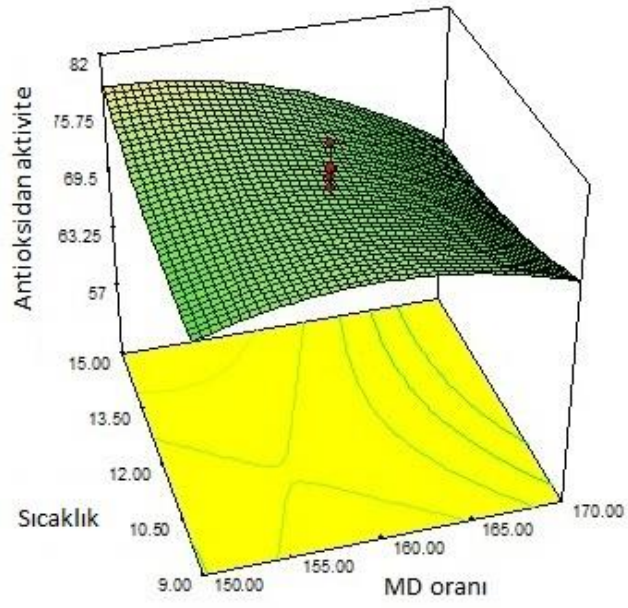
X_1 : Hava giriş sıcaklığı (°C)

X_2 : Maltodekstrin oranı (%)

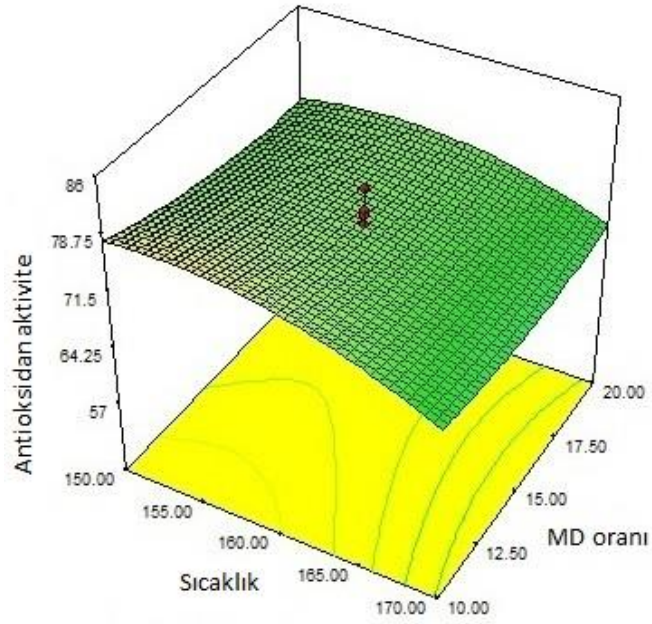
X_3 : Akış hızı (%)

Püskürtmeli kurutucuda elde edilen çörek otu tozlarının antioksidan aktivite değeri % 57.74-85.08 arasında bulunmuştur. Çörek otu tozu için antioksidan aktivite, hava giriş sıcaklığından önemli derecede etkilenmiştir ($p < 0.05$).

Hava giriş sıcaklığının maksimum (176.82 °C) olduğu durumunda antioksidan aktivite en düşük değerine ulaşmıştır. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te görüldüğü gibi çörek otu tozlarının antioksidan aktivitesi hava giriş sıcaklığının maksimum ve minimum olduğu durumlarda en düşük değerlerine ulaşmıştır. Maltodekstrin değerinin en düşük olduğu durumda maximum antioksidan aktivite sağlanmıştır. Yapılan bir çalışmada böğürtlenin püskürtmeli kurutucuda kurutulması sırasında, sıcaklığın artmasıyla antioksidan aktivitede önemli azalmalar olduğu gösterilmiştir. Akış hızının antioksidan aktivite değeri üzerine önemli bir etkisi olmadığı, maltodekstrin oranının ise düşükçe antioksidan aktiviteyi artırdığı tespit edilmiştir (Franceschinis vd., 2014).



Şekil 4.3. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının antioksidan aktivite üzerindeki etkisi:
akış hızı- sıcaklık oranı



Şekil 4.4. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının antioksidan aktivite üzerindeki etkisi:
sıcaklık- maltodekstrin oranı

Carr Indeks Değeri

Bağımsız değişkenlerin (hava giriş sıcaklığı (°C), maltodekstrin oranı (%) ve akış hızı) fonksiyonu olarak çörek otu toz örneklerinin Carr Indeks değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Örnek model denklemler elde edilmiştir.

$$\text{Carr Indeks} = 86.10 - 1.04 \times X_1 - 4.36 \times X_2 + 12.44 \times X_3 + 0.02 \times X_1 \times X_2 - 0.07 \times X_1 \times X_3 + 0.02 \times X_2 \times X_3 - 0.005 \times X_1^2 + 0.03 \times X_2^2 - 0.09 \times X_3^2 \quad (4.3)$$

X_1 : Hava giriş sıcaklığı (°C)

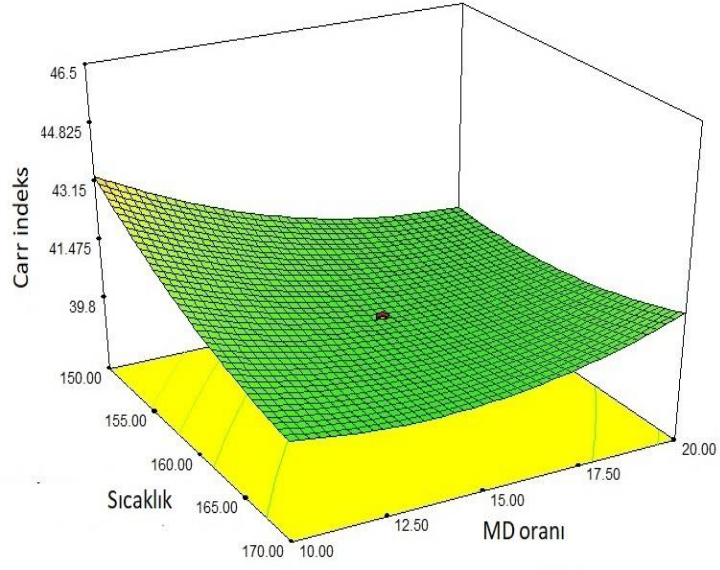
X_2 : Maltodekstrin oranı (%)

X_3 : Akış hızı (%)

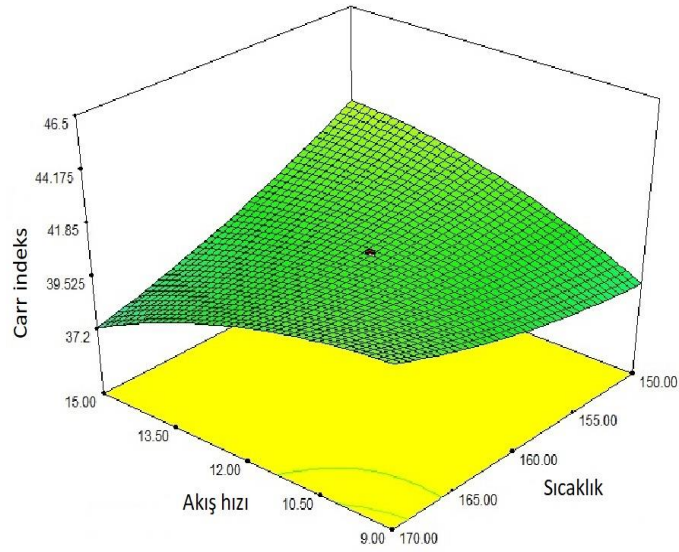
Püskürtmeli kurutucuda elde edilen çörek otu tozlarının Carr Indeks değeri 33.33-46.67 bulunmuştur. Çörek otu tozu üretimi için belirlenen parametrelerin etkisi önemli ($p > 0.05$) bulunmamıştır.

Hava giriş sıcaklığının maksimum (176.82 °C) olduğu durumda en yüksek Carr Indeks değerine (46.67) ulaşmıştır. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görüldüğü gibi çörek otu tozlarının Carr Indeks değerleri akış hızının (%12) sabit olduğu durumda maltodekstrin oranının artmasıyla artış göstermiştir ($p < 0.05$).

Toz ürünlerin akış özellikleri, taşıma, depolama gibi bu ürünlerin yığın halinde olduğu durumlarda oldukça önemlidir. Bu ürün küçük boyutlarda tanecikler içeren toz ürün ise, bağlanma, sürtünme, yapışma faktörlerinden dolayı ürünün taşınması, depolanması oldukça zorlaşmaktadır (Günel, 2019). Çalışmamızda elde ettiğimiz sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve gevşek yığın yoğunluğu değerleri arasındaki farklılık, küçük boyutlu olan partiküllerin akabilirlik değerlerinin çok iyi olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.5. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının Carr İndeks üzerindeki etkisi: sıcaklık-maltodekstrin oranı



Şekil 4.6. Enkapsülasyon parametrelerinin çörek otu tozlarının Carr İndeks üzerindeki etkisi: akış hızı-sıcaklık

4.3. Çörek Otu Ekstraktlarının Enkapsülasyonu

Püskürtmeli kurutucuda optimum şartlarda (hava giriş sıcaklığı 165 °C, maltodekstrin oranı % 10 ve besleme hızı % 9) mikrokapsül elde etmek amacıyla besleme çözeltisi hazırlanmış ve mikrokapsüller elde edilmiştir.

Akışkan yataklı sisteminde hava giriş sıcaklığı 70 °C, 1 bar atomizasyon basıncı ve 35 mL %10 gam arabik kaplayıcı çözelti kullanılarak tozların kapsülasyonu gerçekleştirilmiştir. Püskürtme hızı 0,2 dk/mL, hava akış oranı ise 8-10 m³/sa, işlem bittikten sonra kurutma 5 dk olacak şekilde sabitlenmiştir. Elde edilen mikrokapsüller ayranlara ilave edilmek üzere 4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

4.3.1. Enkapsülasyon Yönteminin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

Enkapsülasyon tekniğinin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisine bakıldığında örnekler arasında istatistiksel olarak farklılık önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 72.55 ve 135.15 mg GAE/100g olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.8). Mohammed vd. (2018) çörek otu yağının enkapsülasyonu ile ilgili yaptıkları çalışmada kapsüllerde toplam fenolik madde miktarını 161.96 mg GAE/100mL olarak tespit etmişlerdir. Çörek otu yağının akışkan yataklı sistemde farklı akış hızı, akış sıcaklığı ve sürede elde ettikleri kapsüllerde toplam fenolik madde miktarını 112.15 - 125.16 mg/100mL arasında tespit etmişlerdir (Mohammed vd., 2018). Bu değerler çalışmamızda bulduğumuz değerlerle uyumludur.

Tablo 4.8. Mikrokapsüllerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları

Yöntem Adı	Antioksidan Aktivite (%)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100g)
Püskürtmeli Kurutucu	80.61±1.31a	72.55±3.75a
Akışkan Yataklı Kurutucu	79.39±0.51b	135.15±3.45a

a-b: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur ($p>0.05$).

Enkapsülasyon tekniğinin antioksidan aktivitesi üzerine etkisine bakıldığında örnekler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Antioksidan aktivite değerleri püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsülde %80.61 ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsülde %79.39 olarak bulunmuştur. Diğer sonuçlarla birlikte incelendiğinde antioksidan aktivitenin fenolik madde miktarı ile değil, fenolik maddenin içeriği ile ilgili olduğu tespit edilmiştir.

4.3.2. Enkapsülasyon Yönteminin Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Püskürtmeli kurutma ve akışkan yataklı sistem kullanılarak elde edilen kapsüllerin renk ölçümü üretilen ürünlerin duyusal albenisini ve kalitesini

göstermektedir (Quek vd., 2007). Püskürtmeli kurutucuda ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsülün L, a ve b değerleri sırasıyla Tablo 4.9’da gösterilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerde L, a ve b değerleri sırasıyla 88.07, 0.34 ve 7.35 olarak tespit edilirken akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerde L, a ve b değerleri sırasıyla 85.48, 0.14 ve 7.45 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.9. Mikrokapsüllerin L,a,b değerleri

Yöntem Adı	L	a	b
Püskürtmeli Kurutucu	88.17±0.08a	0.34±0.02a	7.35±0.02a
Akışkan Yataklı Kurutucu	85.48±0.34b	0.14±0.03b	7.45±0.05b

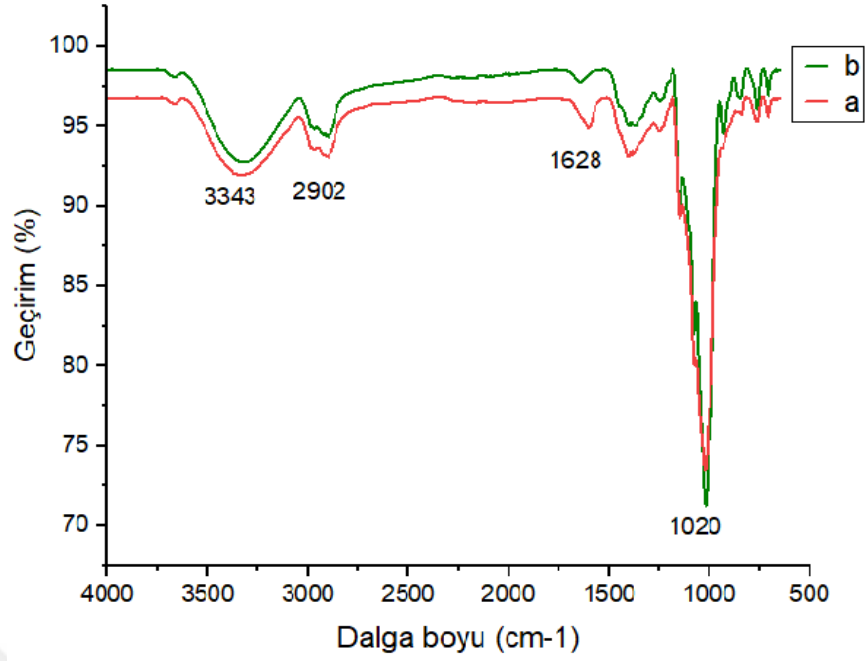
a-b: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur ($p>0.05$).

Enkapsülasyon yönteminin mikrokapsüllerin renk değerleri üzerine etkisi incelendiğinde tüm L, a ve b değerleri için örnekler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Mohammed vd. (2018) çörek otu yağının enkapsülasyonu ile ilgili yaptıkları çalışmada kapsüllerde renk ölçümü yapmış ve L değerini 88.71, a değerini-1.59 ve b değerini 11.52 olarak tespit etmişlerdir.

4.3.3. Enkapsülasyon Yönteminin FTIR Özellikleri Üzerine Etkisi

FTIR analizi enkapsülasyon yöntemine göre kimyasal bağlardaki farklılığı gözlemleyebilmek amacıyla yapılmıştır. 3280 cm^{-1} ’deki pik nemden ve şeker halkalarından kaynaklanan –OH grubundan kaynaklanıp hidrojen bağlarına göre değişiklik göstermektedir. 2928 cm^{-1} ’deki pik şeker halkalarındaki C-H etkileşiminden kaynaklanmaktadır. 1630 cm^{-1} ’deki pik protein varlığında ortaya çıkarken, 1530 cm^{-1} ’deki pik N-H bağlarını göstermektedir (Sun vd., 2016). 1000-1200 cm^{-1} ’de arasında pik şeker varlığında daha geniş bir spektrum göstermekle birlikte karbonhidrat varlığını göstermektedir (Ahmed vd., 2013).

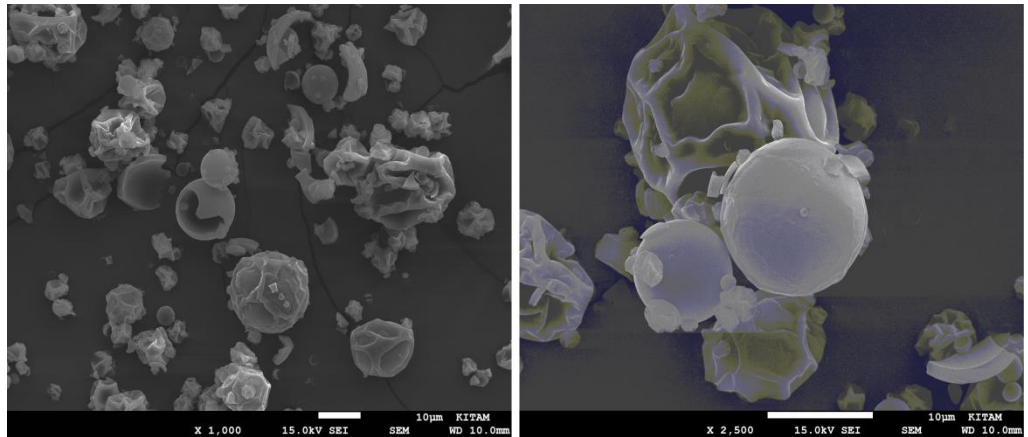
Akışkan yataklı sistem ve püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllere ait kimyasal bağlar Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’te gösterilmiş olup bağlarda belirgin bir farklılık bulunmuştur. Ancak akışkan yataklı sistemde kaplayıcı materyal olarak gam arabik kullanılmasıyla 1000 cm^{-1} dalga boyundaki pik daha geniş spektrum göstermiştir.



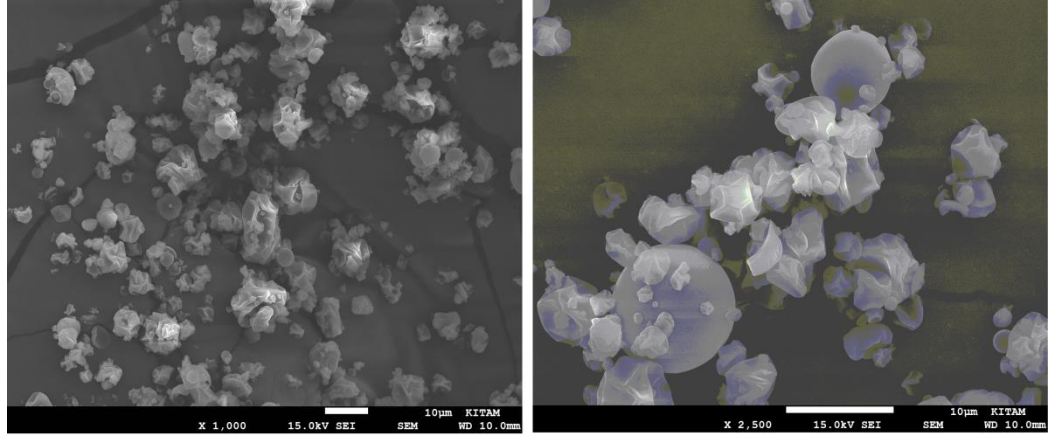
Şekil 4.7. Püskürtmeli kurutucu (a) ve akışkan yataklı kurutucuda (b) elde edilen kapsüllere ait kimyasal bağlar

4.3.4. Enkapsülasyon Yönteminin SEM Görüntüleri Üzerine Etkisi

Şekil 4.8’de püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsülün akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsülün ve Şekil 4.9’da akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsülün 1000 ve 2500 kat büyütülmüş taramalı elektron mikroskopunda elde edilen görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 4.8. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri



Şekil 4.9. Akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin SEM görüntüleri

Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüller tipik olarak içi boş küreciklerden oluşmaktadır. Kürenin dış yüzeyinin sertleşmesinden sonra büzülme oluşmasıyla vakuol oluşumu gerçekleşmekte ve ardından hava kabarcıklarının damlacıkların çeperlerine baskı uygulamasıyla genişlemektedir (Ré, 1998). Elde edilen küre şeklindeki kapsüller püskürtmeli kurutucuya beslenen ekstraktın emilimi amacıyla kullanılarak etkin bir kurutma sistemiyle moleküllerin kaplama materyali içinde kalmasını sağlamaktadır (Ballesteros vd., 2017).

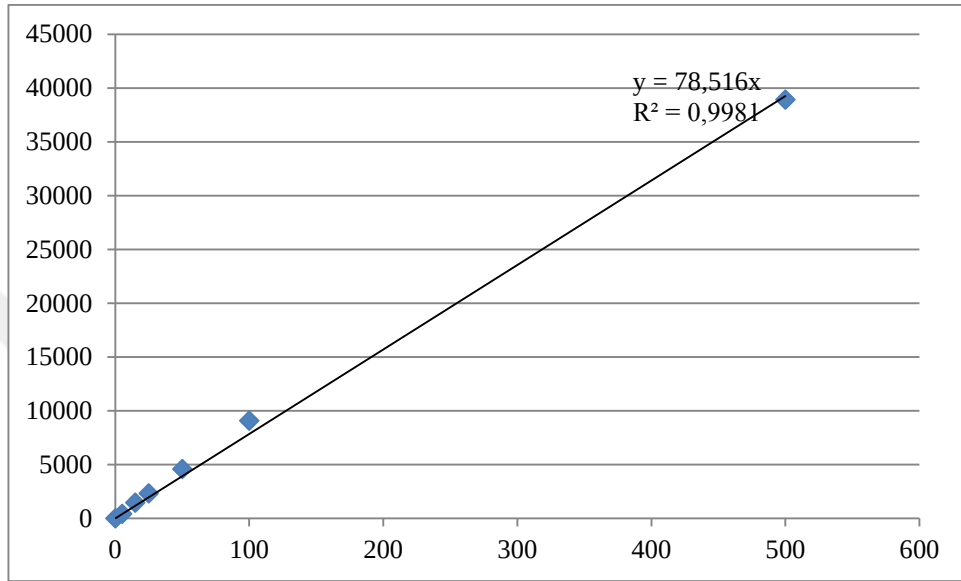
Yaptığımız bu çalışmada püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin bir kısmının yüzeylerinde çökmeler meydana geldiği, bir kısmının ise pürüzsüz bir şekilde elde edildiği görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da püskürtmeli kurutucuda elde edilen ürünlerin kürecikler şeklinde olduğu bildirilmiştir (Anandharamakrishnan vd., 2007).

Akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerde kaplama materyali yüzey üzerinde bazı bölgelerde katmanlaşma gözlemlenmiştir, bazı bölgelerde ise gözenekli yapılar oluşmuştur.

Çilek aromasının farklı tekniklerle enkapsüle edildiği çalışmada püskürtmeli kurutucu, akışkan yataklı sistem ve dondurarak kurutucu kullanılmıştır. Bu çalışmadaki taramalı elektron mikroskobu görüntülerinde her teknikte oluşan parçacık morfolojisinin farklı olduğu göze çarpmaktadır. Püskürtmeli kurutucuda pürüzsüz kürecikler elde edilmekteyken, akışkan yataklı sistemde amorf ve düzensiz partiküller, dondurarak kurutucuda ise amorf cam partiküller elde edildiği belirtilmiştir (Pellicer vd., 2019).

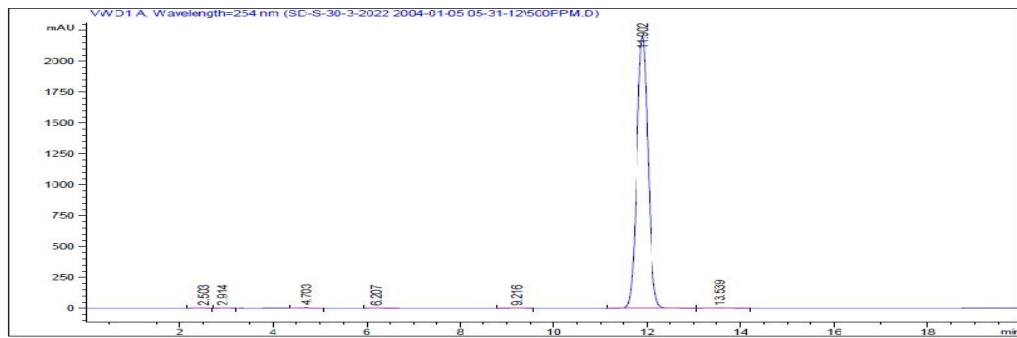
4.3.5. Enkapsülasyon Yönteminin Biyoaktif Bileşen Üzerine Etkisi

Püskürtmeli kurutucuda ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin biyoaktif kimyasal bileşenlerinden başlıcaları timokinon ve karvakrol miktarları HPLC cihazında yapılan analizlerle belirlenmiştir. Timokinon miktarını belirlemek için timokinon standardının kalibrasyon grafiği elde edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Timokinon standartının kalibrasyon grafiği

Farklı konsantrasyonlardaki (5-15-25-50-100-500 ppm) timokinon standartları oluşturulmuş ve 500 ppm timokinon kromatogramı elde edilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. 500 ppm konsantrasyondaki Timokinon standardının HPLC kromatogramı

Enkapsülasyon tekniğinin timokinon miktarı üzerine etkisi örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Püskürtmeli kurutucuda optimum şartlarda elde edilen mikrokapsülün timokinon miktarı 5.72 mg/100g olarak

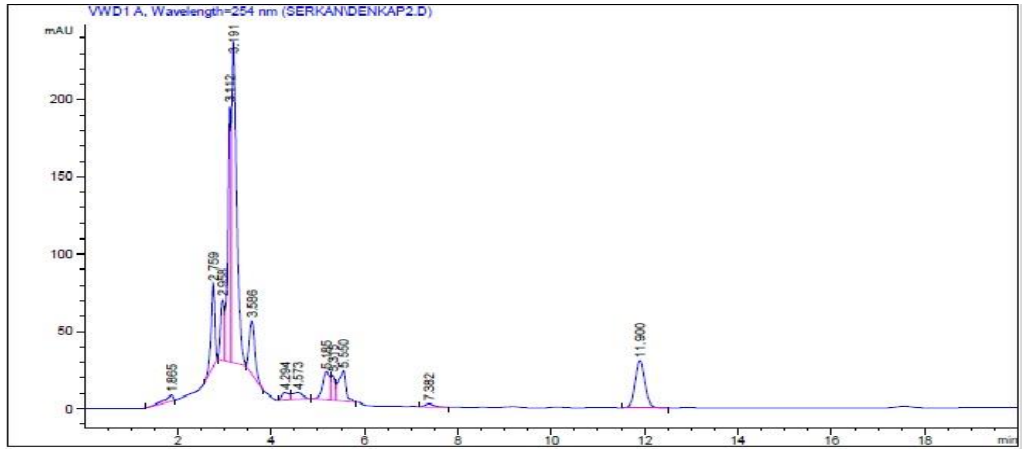
bulunurken, akışkan yataklı sistemde elde edilen 5.19 mg/100g bulunmuştur (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Mikrokapsüllere ait timokinon miktarları

Yöntem Adı	Timokinon Miktarı (mg/100g)
Püskürtmeli Kurutucu	5,72±0.01a
Akışkan Yataklı Kurutucu	5,19±0.00a

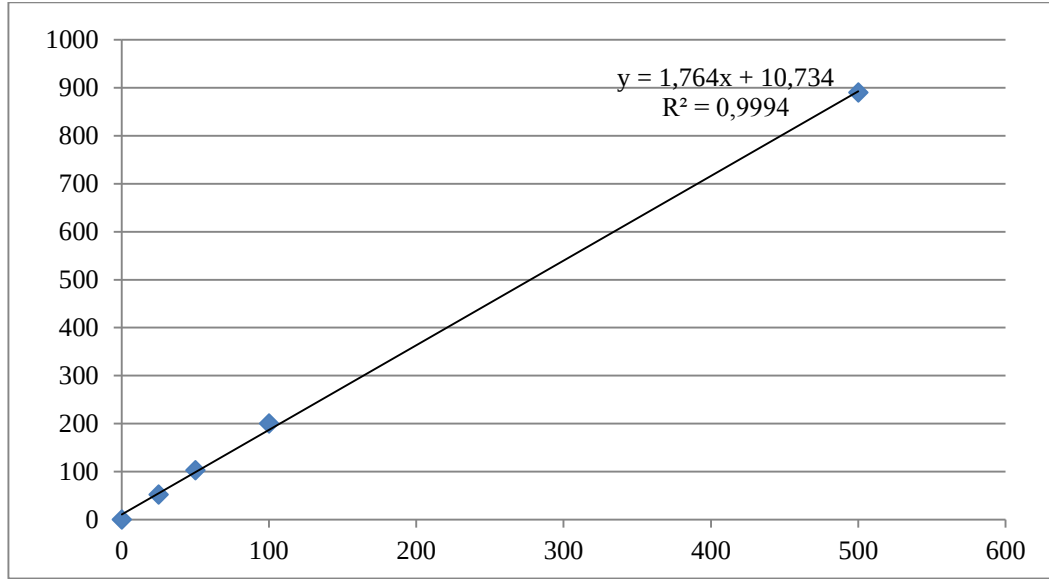
a-b: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur ($p>0.05$).

Püskürtmeli kurutma yöntemiyle üretilmiş mikrokapsüle ait HPLC cihazında elde edilen kromatogram Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

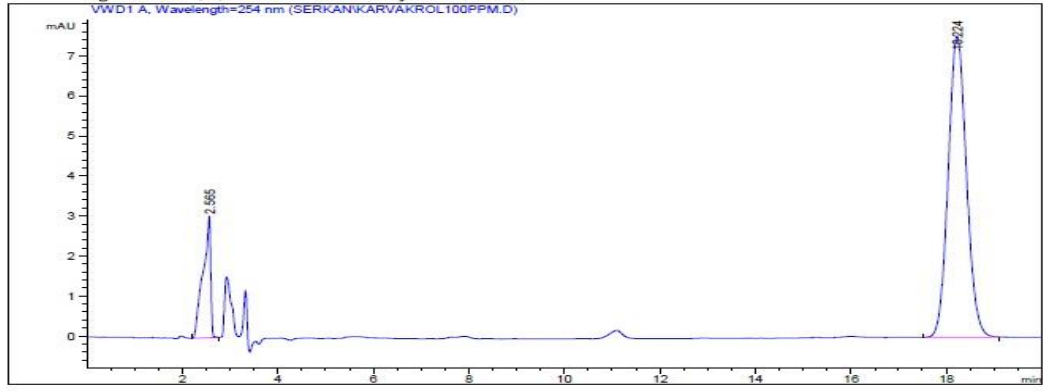


Şekil 4.12. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüle ait HPLC Kromatogramı

Çörek otu tohumu ve elde edilen ürünlerde karvakrol miktarı tespit edilmek üzere HPLC cihazında karvakrol standartının kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.13). 100 ppm karvakrol standardının kromatogramda piki 18. dakikada görülmüştür (Şekil 4.14).

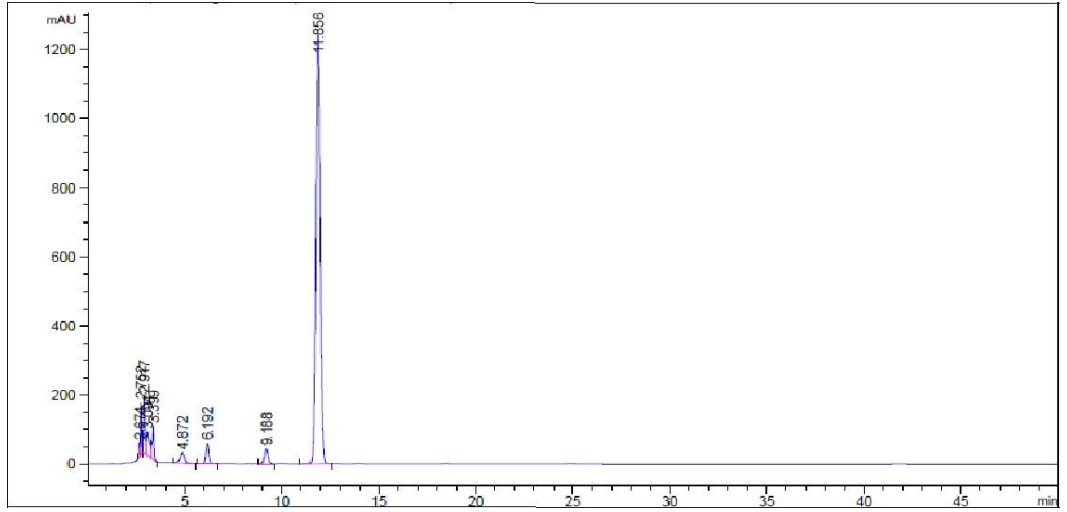


Şekil 4.13. Karvakrol standartının kalibrasyon grafiği



Şekil 4.14. 100 ppm konsantrasyondaki Karvakrol standartının HPLC kromatogramı

HPLC cihazında karvakrol tayini yapmak üzere işlem 50 dk sürdürülmüş ancak çörek otu tohumunda karvakrol bileşenine ait pik elde edilememiştir (Şekil 4.15). Dolayısıyla çörek otunda ve çörek otundan elde edilen kapsüllerde karvakrol bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Karvakrol bulunmaması, mikrokapsülleri üretmek için kullandığımız çörek otunun cinsi, yetiştirildiği ortam koşulları, sıcaklık gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.15. Çörek otu tohumuna ait HPLC kromatogramı

Kevser (2020) çörek otu yağının mikro taşıyıcılarla kapsüle ettiği çalışmasında timokinon miktarını 1.52 mg/g olarak tespit etmiştir. Mohammed vd. (2018) çörek otu yağının enkapsülasyonu ile ilgili yaptıkları çalışmada kapsüllerde timokinon miktarını 6.90 mg/mL olarak tespit etmişlerdir.

Edris vd. (2016) çörek otu yağının püskürtmeli kurutucu ile enkapsüle ettikleri çalışmalarında elde ettikleri ürünleri gıdaların zenginleştirilmesi amacıyla kullanabileceğini belirtmişler ve mikropsüllerin timokinon miktarını 50.6 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Işık (2018) 10 adet çörek otu tohumunu incelemiş ve yaptıkları çalışma sonucunda bulduğu timokinon miktarları % 0.01 ile % 0.37 arasında değişmiştir.

Yine Saleh vd. (2005) farklı bölgelerdeki çörek otu tohumlarındaki timokinon miktarlarını araştırmışlardır. Etiyopya, Hindistan, Suudi Arabistan, Suriye ve Sudan'dan elde ettikleri çörek otu tohumlarının timokinon miktarını sırasıyla (mg/kg) olarak 3098.5, 2362.68, 2250.56, 1317.9 ve 1274.6 olarak tespit etmişlerdir. Sultan vd. (2009) çörek otu tohumunda yaptıkları çalışmada timokinon içeriğinin (201.3 mg/kg tohum) yüksek olduğu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda çörek otu tohumunda 2536 mg/kg olarak bulduğumuz timokinon miktarı literatürdeki verilerle uyumludur. Aradaki farklılıkların sebebi tohum cinsi, yetiştirilme koşulları ve ortamın etkisi gibi nedenlerden kaynaklanmış olabilir.

4.4. Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayran Üretiminde Kullanımı

Dolum sırasında ayrana 3 farklı şekilde ve farklı konsantrasyonlarda ekleme yapılmıştır. 1.5, % 3.0 ve % 4.5 oranında püskürtmeli kurutucuda elde edilmiş mikrokapsül, 1.5, % 3.0 ve % 4.5 oranında akışkan yataklı sistemde elde edilmiş mikrokapsül ve % 0.8, % 1.6 ve % 2.4 oranında ekstrakt ilave edilerek örneklerin son ürünlerdeki fizikokimyasal analizler (asitlik, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite, biyoaktif bileşen miktarı gibi), mikrobiyolojik analizler ve duyusal analizler üzerine etkileri incelenmiştir.

4.4.1. Ayran Üretiminde Kullanılan Sütün Bileşimi

Ayran üretimi Otat Gıda Sanayii ve Ticaret Limited Şirketi'nde işletmenin prosesine göre gerçekleştirilmiştir. Üretimde kullanılan süte ait değerler Tablo 4.11'de gösterilmiştir. Üretimde kullanılan yağlı sütün yağ miktarı % 3.59 iken yağsız sütün yağ miktarı ise % 0.12'dir. Sütün Briks değeri sırasıyla 9.8'dir. Kuru madde miktarı, pH ve SH değerleri hem yağlı sütte hem de yağsız sütte aynı değerlerdedir.

Tablo 4.11. Sütün fizikokimyasal analizleri

Cinsi	Kuru Madde(%)	Yağ Miktarı	pH	SH
Yağlı	12.5	3.59	6.72	6.8
Yağsız	12.5	0.12	6.72	6.8

4.4.2. Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayranların Fizikokimyasal Özellikleri

Çörek otu ekstraktı, püskürtmeli kurutucuda elde edilmiş mikrokapsül ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüller elde edildikten sonra ayrana ilave edilmiştir. Ayranların fizikokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.4.2.1. Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayranların pH Değeri Üzerine Etkisi

Farklı oranlarda çörek otu ekstraktı, püskürtmeli kurutucuda elde edilmiş mikrokapsül ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsül ilaveli ayranların 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerdeki pH değerleri Tablo 4.12' de verilmiştir.

Tablo 4.12. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların pH değeri üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	4±0.01Ab	3.95±0.01Ab	3.76±0.01Aa	3.75±0.02Aa	3.76±0.01ABa
PA	1.5	4.02±0.00ABCc	3.98±0.00BCb	3.79±0.01ABa	3.75±0.00Aa	3.75±0.01ABa
PB	3.0	4.04±0.00Cd	3.99±0.00Cc	3.82±0.01BCb	3.77±0.01ABa	3.75±0.00ABa
PC	4.5	4.07±0.00Dd	4.02±0.00Dc	3.82±0.01BCb	3.8±0.01ABab	3.78±0.00Ba
AA	1.5	4.02±0.00ABCd	3.98±0.00BCc	3.79±0.01ABb	3.76±0.01Ab	3.73±0.00Aa
AB	3.0	4.04±0.01BCd	3.99±0.01Cc	3.81±0.01ABCb	3.79±0.01ABa	3.75±0.01ABab
AC	4.5	4.05±0.00Cc	4.02±0.00Db	3.85±0.01Ca	3.82±0.01Ba	3.82±0.00Ca
EA	0.8	4.01±0.00Ac	3.96±0.00ABb	3.77±0.01Aa	3.77±0.01ABa	3.75±0.00ABa
EB	1.6	4.01±0.00ABc	3.97±0.00ABCb	3.78±0.01ABa	3.78±0.00ABa	3.76±0.01ABa
EC	2.4	4.02±0.01ABCc	3.98±0.01BCb	3.79±0.01ABa	3.77±0.01ABa	3.77±0.01Ba

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-D: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-d: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerin birbirleri arasında ve depolama süresince pH değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca pH değerleri önemli derecede düşmüştür. Depolamanın 1. gününde en düşük pH değeri 4.00 ile K örneğine ait iken PC örneğinin 4.07 ile en yüksek pH değerine sahip oldukları görülmektedir. 28 gün boyunca ayranların pH değerlerinin 3.75 ile 4.07 arasında değişim göstermiştir. Depolamanın sonunda 3.73 ile AA örneği en düşük pH değerine sahip iken AC örneğinde 3.78 pH değeri ile en yüksek değer ölçülmüştür. Depolama süresince kontrol örneği de dahil olmak üzere tüm ayran gruplarının pH değerlerinde düşüş olmuştur. Bu durumun nedeni olarak, düşük depolama sıcaklıklarında dahi bakteri faaliyetinin tamamen durmamasından kaynaklanmış olabilir (Peker, 2012).

Fermente süt ürünleri üretiminde olgunlaşma ve depolama aşamalarında pH değerinde meydana gelen değişimin takip edilmesi önem arz etmektedir. Ayran üretiminde ortamda bulunan laktik asit bakterileri süt şekeri olan laktozu parçalayarak laktik aside dönüştürmekte ve pH'yı düşürmektedir (Kınık vd., 2008).

Ayran üretiminde pH değişimini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Sütün çeşidi, kültür, inkübasyon sıcaklığı ve süresi faktörlerden bazılarıdır. Hayatoğlu

(2021) tarafından yapılan probiyotik kültürler ile inek ve keçi sütünden ayran üretimi çalışmasında ayran örneklerine ait pH değerlerinin 3.76-4.12 arasında değiştiği tespit etmiştir.

Tarakçı ve Küçüköner (2003)'in marmelat içeren yoğurtlar ile ilgili yaptıkları çalışmalarında depolamanın ilk gününde pH değerleri 4.15 ve 10. gününde ise pH 3.90 olarak bulmuşlardır.

Farklı oranlarda çörek otu ekstraktının yoğurda ilave edildiği bir çalışmada Nazari vd. (2023) depolama süresince (1., 7. ve 14. günde) pH değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Yapılan bu çalışmaların bizim çalışmamızdaki pH düşüşünü destekler nitelikte olduğu ve çörek otu ekstraktı ve mikrokapsülleri ilavesinin fermente ürünlerde pH'yı önemli derecede etkilediği görülmektedir.

4.4.2.2. Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayranların Titrasyon Asitliği Üzerine Etkisi

Tablo 4.13'te çörek otu ekstraktı ve mikrokapsül ilaveli ayranların depolama boyunca titrasyon asitliği değerlerinin değişimi görülmektedir.

Tablo 4.13. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların titrasyon asitliği üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	0.64±0.01ABCa	0.68±0.00ABCb	0.71±0.00Bbc	0.71±0.01Abc	0.73±0.00Bc
PA	1.5	0.67±0.00ABCa	0.7±0.00BCab	0.72±0.00BCbc	0.75±0.01Bc	0.75±0.00BCc
PB	3.0	0.68±0.00BCa	0.71±0.00Cb	0.73±0.00Cb	0.78±0.00Bc	0.77±0.01Cc
PC	4.5	0.69±0.00Ca	0.72±0.00Cb	0.76±0.00Dc	0.79±0.00Bd	0.80±0.01Dd
AA	1.5	0.63±0.02ABa	0.68±0.00ABCa	0.74±0.01CDb	0.77±0.01Bb	0.92±0.01Ec
AB	3.0	0.65±0.02ABCa	0.69±0.00ABCa	0.74±0.00CDb	0.79±0.01Bb	0.94±0.00FGc
AC	4.5	0.63±0.00ABa	0.64±0.03ABa	0.74±0.00CDb	0.79±0.01Bb	0.95±0.00Gc
EA	0.8	0.63±0.00ABa	0.63±0.00Aab	0.65±0.00Abc	0.67±0.00Acd	0.68±0.00Ad
EB	1.6	0.63±0.00ABa	0.64±0.00ABab	0.65±0.00Ab	0.68±0.00Ac	0.68±0.00Ac
EC	2.4	0.62±0.00Aa	0.64±0.00ABb	0.65±0.00Ab	0.68±0.00Ac	0.69±0.00Ac

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-G: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-d: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre titrasyon asitliği değeri ayranlarda laktik asit cinsinden en az % 0.5 ve en fazla ise %1.0 olarak belirtilmiştir (Anonim, 2009). Bu değerlerin dışına çıkıldığında ayranlarda yavanlık, aroma noksanlığı veya aşırı asitli tat gibi tat ve kokuda kusurlar ortaya çıkmaktadır (Peker 2012).

Ayran örneklerinde ölçülen titrasyon asitliği değerleri % 0.62-0.95 arasında değişmekte olup bu değerler Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne uygundur. Ayran örneklerinin birbirleri arasında ve depolama süresince titrasyon asitliği değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Örneklerin asitlik değerleri pH ile ters orantılı değiştiği görülmektedir. Depolamanın son gününde ayranların % laktik asit değerleri ilk güne kıyasla artış göstermiştir. Depolamanın ilk gününde PC örneğinde % 0.74 ile en yüksek asitlik tespit edilirken, EC örneğinde % 0.64 ile en düşük asitlik tespit edilmiştir. Ekstrakt ilave edilen ayran örneklerinde diğerlerine kıyasla daha düşük asitlik değeri belirlenmiştir. Depolamanın son gününde en yüksek asitlik değeri % 0.95 ile AC örneğine ait iken, en düşük asitliğin ise % 0.68 ile EB ve EC örneklerine ait olduğu belirlenmiştir.

Değişik oranlarda (4:1, 4:2, 4:3, 4:4 ve 4:5) su eklenerek ayran elde edildiği çalışmada Ergüllü ve Demiryol (1983) tarafından titrasyon asitliklerindeki değişimi incelemişlerdir. Yaptıkları ölçüme göre ayran örneklerinin titrasyon asitliği değerleri %0,44-0,79 arasında değişmiştir.

Ayranlara acı biber ilave edildiği bir çalışmada Akçay (2016) ayranların depolama boyunca titrasyon asitliği değerlerini çalışmıştır. İlk gün asitlik değerleri %0,56-0,65 arasında değişirken, depolamanın son gününde artış göstererek % 0.67-0.76 arasında ölçülmüştür.

Propolis katkılı ayranların 30 günlük depolama sonunda titrasyon asitliği değeri % 0.70-0.78 arasında değiştiği Çelik (2016) tarafından tespit edilmiştir.

4.4.2.3. Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayranların Toplam Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Ayranların 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerdeki toplam fenolik madde miktarı değerleri Tablo 4.14' te verilmiştir.

Tablo 4.14. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi
(mg GAE/mL)

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	18.41±0.49Aa	16.59±0.14Aa	16.14±2.01Aa	18.64±2.29Aa	24.89±3.21ABa
PA	1.5	26.09±0.31BCab	27.15±0.93BCab	23.63±3.75ABCa	25.83±0.7Bab	36.85±2.8BCb
PB	3.0	30.29±1.94BCa	32.61±0.46DEa	29.1±2.35BCa	28.86±1.59Ba	41.85±4.35CDa
PC	4.5	31.93±0.05Ca	35.41±0.09Eab	33.74±1.84Cab	32.55±0.10Ba	43.1±3.78CDb
AA	1.5	32.01±0.19Ca	29.9±0.17CDa	30.19±0.39BCa	30.31±0.41Ba	43.99±1.91CDB
AB	3.0	42.53±1.13Db	39.18±0.55Fab	33.06±3.19BCa	40.3±0.35Cab	50.56±0.16DEc
AC	4.5	48.14±1.51Ea	44.8±0.4Ga	43.24±0.71Da	46.51±2.16Da	57.89±2.06Eb
EA	0.8	24.64±0.69Bab	24.23±0.85Bab	22.96±0.99ABa	27.34±0.41Bb	22.46±0.06Aa
EB	1.6	28.09±1.11BCa	27.56±0.94BCa	29.01±0.39BCa	28.69±0.81Ba	26.19±0.26ABa
EC	2.4	30.76±2.34BCa	30.35±1.85CDa	30.41±0.26BCa	30.16±1.51Ba	27.05±1.08ABa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-c: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerinde ölçülen toplam fenolik madde miktarı 16.14 ile 57.89 mg GAE/mL arasında değişmektedir. Ayran örneklerin birbirleri arasında toplam fenolik madde miktarı değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). PB, EB, EC ve K örneklerinde depolama günleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Depolamanın ilk gününde kontrol örneğinde en düşük toplam fenolik madde miktarı tespit edilirken, en yüksek AC örneğinde tespit edilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde toplam fenolik madde miktarı 26.09 ile 43.10 mg GAE/mL arasında tespit edilmiştir ve depolamanın sonunda ilk güne göre artış görülmüştür. Akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde toplam fenolik madde miktarı 29.90 ile 57.89 mg GAE/mL arasında tespit edilmiştir ve depolamanın sonunda arttığı görülmüştür. Ekstrakt ilave edilen ayran örneklerinde toplam fenolik madde miktarı 22.46 ile 30.76 mg GAE/mL arasında tespit edilmiştir ve depolamanın sonunda mikrokapsül ilave edilen ayranların tersine ilk güne göre azalma belirlenmiştir. Ayranlarda ekstrakt veya kapsül oranı arttıkça toplam fenolik madde miktarı da artmıştır.

Akışkan yataklı sistemde elde edilen örneklerin tümünde diğer örneklerle kıyasla depolama süresi sonunda en yüksek toplam fenolik madde miktarları tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı açısından akışkan yataklı sistemde elde edilen kapsüllerin iyi korunduğu görülmüştür. Çörek otu ekstrakt ilaveli ayran örneklerinde depolama sonunda toplam fenolik madde miktarında ise azalma kaydedilmiştir.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ile ekstrakt ilave edilen ayran örnekleri arasında farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Seyrekoğlu (2021) sarı kantaron ekstraktlarını enkapsüle ettiği çalışmasında mikrokapsüllerin farklı oranlarda ilave edildiği ayranlarda toplam fenolik madde miktarını 75.39 ile 324.00 mg GAE/g arasında bildirmiştir. Mikrokapsüllerin ayran içindeki miktarı arttıkça, bizim çalışmamızdakine benzer şekilde toplam fenolik madde miktarı da depolamayla birlikte artış göstermiştir. Ancak ekstraktın direk ilave edildiği ayran örneklerinde depolama süresi boyunca toplam fenolik madde miktarının azaldığı görülmüştür. Enkapsüle olmayan ürünlerin ayran içerisinde depolama süresi boyunca fenolik madde kayıplarının olduğunu göstermiştir. Böylece çalışmamızda enkapsüle edilen ürünlerin ayrana ilave edilmesiyle fenolik bileşiklerin korunduğu kanıtlanmıştır.

Sawale vd. (2017) arjuna bitkisini püskürtmeli kurutucuda kapsüle ederek çikolatalı-vanilyalı sütlü içeceğe ilave etmişlerdir. Kapsüllenmiş ve kapsüllenmemiş arjuna bitkisinin depolama süresince polifenol bileşiklerinin azaldığını ve kapsüle edilmeyen arjuna bitkisinin ilave edildiği içecekte bu azalmanın daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Ersöz (2019) nar kabuğunun kapsüllerini yoğurda ilave ettiği çalışmasında depolama süresi sonunda en yüksek toplam fenolik madde miktarını elde etmiştir. Biyoaktif bileşiklerin daha uzun ömürlü olması için mikroenkapsülasyon tekniğinin iyi bir yöntem olduğu ifade edilmiştir (Robert vd., 2010).

4.4.2.4. Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayranların Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

Çörek otu ekstraktı, püskürtmeli kurutucu ve akışkan yataklı sistemde elde edilmiş mikrokapsüllerin ilave edildiği ayranların 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerdeki antioksidan aktivite değerleri Tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların antioksidan aktivite üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	13.39±0.82Aa	9.13±0.09Aa	10.82±2.62Aa	13.42±2.25Aa	13.25±2.39Aa
PA	1.5	18.76±1.03Ba	20.73±0.1BCa	21.77±0.13Ba	20.94±2.23ABCa	24.07±0.43Ba
PB	3.0	31.53±2.07Db	24.39±0.89CDa	34.63±0.2Db	33.28±1.48DEb	34.3±0.73Cb
PC	4.5	37.43±0.79Eb	28.92±0.47Da	42.49±0.99Eb	43.03±1.23Fb	43.97±2.78Db
AA	1.5	23.79±1.34BCa	21.2±0.5BCa	28.87±0.69Ca	26.44±3.91BCDa	21.57±0.03Ba
AB	3.0	38±1.15Ea	39.41±0.5Ea	39.58±0.8DEa	38.22±1.24EFa	36.7±2.45Ca
AC	4.5	52.65±1.44Fb	52.92±0.48Fb	52.47±1.23Fb	44.21±1.21Fa	49.39±0.26Db
EA	0.8	21.49±0.65Ba	18.24±0.09Ba	19.33±0.33Ba	17.72±1.14ABa	20.21±0.69Ba
EB	1.6	27.66±0.55CDb	24.58±0.53CDab	24.08±1.62BCab	21.41±0.72ABCa	25.29±0.21Bab
EC	2.4	32.8±1.17DEa	26.87±3.06Da	27.94±1.23Ca	29.19±0.85CDa	32.12±1.01Ca

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-c: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerinde ölçülen antioksidan aktivite değerleri % 9.13 ile % 52.65 arasında değişmektedir. Ayran örneklerin birbirleri arasında antioksidan aktivite değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Kontrol örneğinin antioksidan aktivite değeri 7. gün ve 14. günde ilk güne göre bir azalma göstermiştir ancak bu azalma istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$). PA, AA, AB, EA, EC ve K örneklerinde depolama günleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde antioksidan aktivite değerlerinde depolamanın sonuna doğru artış gözlemlenirken akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde azalma gözlemlenmiştir. Ekstrakt ilave edilen örneklerde antioksidan aktivite miktarı depolama süresi sonunda azalmıştır. % 0.8 çörek otu

ekstraktı eklenen EA örneğinde depolamanın ilk gününde antioksidan aktivite % 21.49 iken depolamanın sonunda % 20.21'e , % 1.6 çörek otu ekstraktı eklenen EB örneğinde depolamanın ilk gününde antioksidan aktivite % 27.66 iken depolamanın sonunda % 25.29'a, % 2.4 çörek otu ekstraktı eklenen EC örneğinde depolamanın ilk gününde antioksidan aktivite % 32.80 iken depolamanın sonunda % 32.12'ye düşmüştür.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre ekstrakt ilave edilen ayran örnekleri ile püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri arasındaki farklılığın önemsiz olduğu bulunmuştur ($p>0.05$).

Propolis katkılı ayran çalışmasında kontrol örneğinde ilk gün antioksidan aktivite % 14.90 olarak belirlenmiş ve 30 gün depolama sonunda azalma olduğu belirlenmiştir (Çelik, 2016). Bu değerler çalışmamızdaki kontrol örneği değerleri ile uyumludur.

Yüksek oranda antioksidan bileşikler içerdiği bilinen çay üzerinde yapılan bir araştırmada Manzocco vd., (1998) 30 günlük depolama süresince çay ekstraktlarının antioksidan özelliklerinde düşme olduğunu belirlemişlerdir.

Çimlendirilmiş çörek otu ekstratının yoğurda ilave edildiği çalışmada antioksidan aktivite % 62.00 olarak tespit edilmiştir (Nazari vd., 2023).

Ekstrakt ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsül ilave edilen ayranlarda depolama süresi sonunda antioksidan aktivite değerlerinde bir miktar azalma gerçekleşmiştir. Ancak püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde depolama sonunda antioksidan aktivite değerinde artış belirlenmiştir.

4.4.2.5. Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayranların Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Çörek otu ekstraktı, mikrokapsüllerin ilave edildiği ayranların depolama süresi boyunca (1., 7., 14., 21. ve 28. günler) L, a ve b değerleri sırasıyla Tablo 4.16, Tablo 4.17 ve Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.16. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların L değeri üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	77.31±0.58Aa	89.81±0.58Bd	86.09±0.17Bc	84.08±0.37CDb	86.99±0.21BCc
PA	1.5	82.34±0.08Ca	85.84±0.08ABb	85.8±0.03Bb	84.61±0.00CDb	86.94±0.3Cc
PB	3.0	77.92±0.04Aa	85.27±0.04ABb	83.79±0.03ABb	83.6±0.38Cb	83.48±0.9Ab
PC	4.5	78.8±0.62Aa	82.94±0.62ABc	82.89±0.27Ac	81.12±0.07Ab	85.17±0.12ABCd
AA	1.5	82.83±0.58CDa	85.07±0.58ABa	84.13±1.51ABa	84.17±0.05CDa	86.4±0.06BCa
AB	3.0	80.37±0.12Ba	77.9±0.12Aa	84.5±0.03ABa	83.71±0.08Ca	84.8±0.77ABa
AC	4.5	78.41±0.07Aa	82.76±0.07ABbc	82.28±0.04Ab	81.89±0.00ABb	83.8±0.49Ac
EA	0.8	85.64±0.21Fb	85.06±0.21ABab	84.34±0.06ABa	85.58±0.34Eb	85.64±0.21ABCb
EB	1.6	85.41±0.06EFd	83.54±0.06ABa	84.52±0.1ABb	84.84±0.04DEc	85.41±0.06ABCd
EC	2.4	84.03±0.16DEa	84.11±0.16ABa	84.14±0.08ABa	82.43±0.02Ca	84.03±0.16Aa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-G: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

a-d: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

Tablo 4.17. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların a değeri üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	-0.98±0.03Hb	-1.69±0.03Aa	-1.27±0.27Aab	-1.66±0.04CDa	-1.83±0.03AB
PA	1.5	-1.59±0.01Db	-1.72±0.01Aab	-1.62±0.03Aab	-1.67±0.03BCDab	-1.76±0.01ABa
PB	3.0	-1.39±0.00Fb	-1.59±0.00Bab	-1.55±0.16Aab	-1.8±0.01ABa	-1.49±0.02Cab
PC	4.5	-1.49±0.02Eb	-1.57±0.02Bab	-1.49±0.02Ab	-1.64±0.01CDa	-1.21±0.02Dc
AA	1.5	-1.36±0.02Fb	-1.53±0.02Bab	-1.48±0.14Aab	-1.62±0.02CDab	-1.83±0.01ABa
AB	3.0	-1.37±0.01Fc	-1.43±0.01Cb	-1.38±0.00Ac	-1.35±0.01Ec	-1.48±0.02Ca
AC	4.5	-1.29±0.01Ga	-1±0.01Dbc	-1.22±0.06Aab	-1.22±0Fab	-0.8±0.1Ec
EA	0.8	-1.91±0.01Aa	-1.79±0.01Ac	-1.76±0Ac	-1.84±0.0Aab	-1.91±0.0Aa
EB	1.6	-1.85±0.02Ba	-1.77±0.02Aa	-1.73±0.01Aa	-1.76±0.04ABCa	-1.85±0.02ABa
EC	2.4	-1.72±0.01Ca	-1.73±0.01Aa	-1.7±0.01Aa	-1.58±0.05Da	-1.72±0.01Ba

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-G: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

a-d: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

Tablo 4.18. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların b değerleri üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	-1.34±0.13Aa	3.57±0.13ABc	1.5±0.13Ab	0.78±0.42Ab	2.74±0.24Ac
PA	1.5	1.91±0.15Bb	4.13±0.15BCc	4.16±0.07Dc	1.04±0.07ADa	7±0.02Cd
PB	3.0	1.31±0.06Ba	5.85±0.06Ebc	4.84±0.00Eb	4.97±0.32Db	7.08±0.69Cc
PC	4.5	3.51±0.2Da	6.87±0.2Fc	7.13±0.3FGc	5.16±0.06BCb	9.86±0.03Ed
AA	1.5	2.69±0.37Ca	3.92±0.37ABCb	4.32±0.02DEb	3.82±0.02BCb	6.4±0.11Cc
AB	3.0	3.38±0.09CDa	5.18±0.09DEb	6.8±0.05Fc	6.28±0.05Ec	8.64±0.23Dd
AC	4.5	4.72±0.1Ea	8.12±0.1Gb	7.47±0.02Gb	7.68±0.02Gb	10.12±0.23Ec
EA	0.8	3.63±0.18Db	3.2±0.18Aab	2.69±0.02Ba	3.32±0.22BCab	3.63±0.18ABb
EB	1.6	4.62±0.1Ec	3.44±0.1ABa	3.61±0.12Cab	3.96±0.07Cb	4.62±0.1Bc
EC	2.4	4.41±0.14Ea	4.63±0.14CDa	4.4±0.02DEa	3.02±0.1Ba	4.41±0.14Ba

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-G: Aynı sütündeki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-d: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerinin depolama süresince L, a ve b değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). EC örneğinde depolama süresi boyunca farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Ayran örneklerinin L değeri 77.31 ile 89.81 arasında değişiklik göstermiştir. Beyazlık indikatörü olarak bilinen L değeri depolama süresi boyunca 100 değerine yaklaştıkça örneğin beyazlığı artmaktadır. Örneklerde en yüksek L değeri K örneğinde tespit edilmiştir. Diğer örneklerle kıyasla depolama süresince K örneği genellikle en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Örneklerle ilave edilen kapsül ve ekstraktların ayranın beyazlık değerini düşürdüğü görülmüştür.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda tüm ayran örneklerinde L değeri bakımından farklılığın önemli olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$).

Tan vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında yoğurtlara tokotrienol mikrokapsülü ilave etmişler ve depolama sonucunda yoğurtların ilk gününde L* değerini 82.91, 4 hafta sonra ise 83.02 olduğunu belirlemişlerdir. Sah vd. (2016) tarafından yapılan ananas kabuğu mikrokapsülü ile ilave edilen probiyotik yoğurtlarda L değerini depolamanın ilk gününde 84.53-90.43 arasında, depolamanın 28 gününde ise 84.84-91.54 arasında tayin etmişlerdir.

Temen (2018) yaptığı çalışmasında ayranlara kinoa unu ilave edip 14 günlük depolama sonucunda ayranların L, a ve b değerlerini incelemiştir. L değerini 84.43 ile 85.96 arasında tespit etmiştir.

Ayran örneklerinin a değeri -0.80 ile -1.91 arasında değişiklik göstermiştir. Renk ölçümünde pozitif değerleri kırmızılığı, negatif değerleri ise yeşilliği ifade etmektedir. Örneklerde a değeri en düşük -1.91 ile EA örneğinde, en yüksek -0.80 ile AC örneğinde tespit edilmiştir.

Tamjidi vd. (2012) yoğurda balık yağı mikrokapsülü ekledikleri örneklerde depolama boyunca a değerlerini -2.94 ile - 1.69 arasında tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızdaki değerler literatür değerleri ile uyumludur. Ayranların a değerlerindeki değişikliklerin nedenini, depolama boyunca örneklere renk veren pigmentlerin yapısının bozulmasına bağlamışlardır (Kuck ve Noreña, 2016).

Çelekli vd. (2020) peynir altı suyu hidrozilatının ayrandaki etkilerini incelediği çalışmasında peynir altı suyu hidrozilatı miktarını % 0.25'ten % 1'e artırdıkça L değerinin arttığını, a ve b değerleri için artma ve azalma şeklinde dalgalanma tespit edildiğini vurgulamışlardır.

Nejad vd. (2013) yoğurda ıspanak ekstraktının eklenmesinin yoğurdun L değerlerini 87'den 78'e düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Barakat ve Hassan (2017) kabak ilave ettikleri yoğurtlarda 85,42 ile 88,26 arasında değişen L değerleri bulmuşlar ve kontrol örneğinin 91,57 ile en yüksek L değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Ayran örneklerinin b değeri -1.34 ile +9.86 arasında değişiklik göstermiştir. b değeri pozitif olduğunda yeşilliği, negatif olduğunda maviliği göstermektedir. Örneklerde b değeri en düşük -1.34 ile K örneğinde tespit edilmiştir. Mikrokapsül ilave edilen ayranlarda b değeri -0.80 ile -1.83 arasında değişmiştir. Ekstrak ilave edilen ayranlarda ise b değeri -1.00 ile -1.91 arasında değişmiştir.

Alslıby (2019) tarafından probiyotik bakterilerin ayrandaki aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada b değeri +3.95 ile +7.98 arasında tespit edilmiş ve ayranda depolama boyunca değerde artış olduğu bildirilmiştir.

Temen (2018) yaptığı çalışmasında ayranlara kinoa unu ilave edip depolaması sonucunda ayranların L, a ve b değerlerini incelemiştir. L değerini 84.43 ile 85.96 arasında, a değerini -2.67 ile -2.92 arasında, b değerini ise +7.53 ile +7.90 arasında tespit etmiştir.

Erkaya vd. (2015), ayranın özelliklerini inceledikleri çalışmalarında 60, 70 ve 80°C' sıcaklıkta ve 1., 3. ve 5 dakikalardaki termosonikasyon işleminde, 60°C' 1 dakikalık termosonikasyon sonucunda örneğinin L, a ve b değerlerini sırasıyla 83,01± 0,04, -3,01 ± 0,02 ve 4,09 ± 0,04 olarak tespit etmişlerdir.

Rezazadeh-Bari vd. (2019) tarafından peynir altı suyunun probiyotik ayran üretiminde kullanıldığı çalışmasında ayranın şeffaflığının arttığını belirtmişlerdir. Çalışmada ürün içeriğindeki peynir altı suyunun miktarı %70'ten %90'a yükseldiğinde örneklerin renk farklılığının yükseldiğini ve aradaki farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu tespit etmişlerdir (p<0.05).

4.4.2.6. Mikrokapsül ve Ekstraktların Ayranların Timokinon Miktarı Üzerine Etkisi

Ekstrat ve mikrokapsül ilaveli ayranların depolama süresince timokinon miktarı Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların timokinon miktarı üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	0±0Aa	0±0Aa	0±0Aa	0±0Aa	0±0Aa
PA	1.5	1.72±0.26BCDa	1.94±0.26BCa	1.81±0.03Ca	1.3±0.24ABa	1.2±0.13BCa
PB	3.0	2.64±0.33DEa	3.06±0.33CDa	2.99±0.21DEa	1.91±0.42Ba	1.69±0.27BCa
PC	4.5	3.22±0.46Ea	3.14±0.46CDa	3.16±0.22DEa	2±0.39Ba	1.92±0.25BCa
AA	1.5	1.59±0.23BCDa	2.08±0.23BCa	1.96±0.04Ca	1.34±0.29ABa	1.1±0.18Ba
AB	3.0	2.27±0.24CDEa	2.99±0.24CDa	2.76±0.01Da	1.84±0.39Ba	1.55±0.27BCa
AC	4.5	3.18±0.25Eab	4.14±0.25Db	3.32±0.07Eab	2±0.39Ba	2.13±0.29Ca
EA	0.8	0.84±0ABb	0±0Aa	0±0Aa	0±0Aa	0±0Aa
EB	1.6	1.18±0.08BCa	1.35±0.08Bab	1.3±0.05Bab	1.31±0.03ABab	1.48±0BCb
EC	2.4	1.38±0.14BCa	1.71±0.14Ba	1.65±0.06BCa	1.85±0.01Ba	2.02±0BCa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

a-c: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

Ayran örneklerinin birbirleri arasında timokinon miktarı üzerine fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). PA, PB, PC, AA, AB, EC ve K örneklerinde depolama süresi arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Kontrol örneğinde timokinon tespit edilmemiştir. Depolama boyunca en yüksek timokinon miktarı 4.14 mg/L ile akışkan yataklı sistemde elde edilen örnekte tespit edilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde timokinon miktarı 1.20 ile 3.22 mg/L arasında tespit edilmiştir ve depolamanın sonunda ilk güne göre azalma görülmüştür. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsülün % 1.5 - 3.0 ve 4.5 oranlarında ayrana ilave edilmesiyle ilk gündeki timokinon miktarı sırasıyla 1.72, 2.64 ve 3.22 mg/L olarak tespit edilmiştir. Akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde timokinon miktarı 1.10 ile 4.14 mg/L arasında tespit edilmiştir ve depolamanın sonunda azaldığı görülmüştür. Ekstrakt ilave edilen ayran örneklerine bakıldığında % 0.8 ilave edilen ayranlarda timokinon miktarı 1. gün 0.84 mg/L olarak bulunmuşken diğer günlerde tespit edilememiştir ($p<0.05$). Ekstrakt ilave edilen ayran örneklerinde timokinon miktarı 0 ile 2.02 mg/L arasında tespit edilmiştir ve depolamanın sonunda mikrokapsül ilave edilen ayranların tersine ilk güne göre artış belirlenmiştir. Ayranlarda ekstrakt veya kapsül oranı arttıkça timokinon miktarı da artmıştır.

Akışkan yataklı sistem ve püskürtmeli kurutucuda elde edilen ayranlarda 7 günde en yüksek timokinon miktarı tespit edilirken, depolamanın sonraki günlerinde timokinon miktarı zamanla azalmış ve son günde en düşük seviyesine ulaşmıştır. Ekstrakt ilave edilen ayranlarda timokinon miktarı EA örneği haricinde zamanla yükselmiş ve depolama sonunda en yüksek değerlerine ulaşmıştır. K örneğinde timokinona depolama süresince hiç rastlanılmamıştır.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda ekstrakt ilave edilen ayran örnekleri ile akışkan yataklı kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri arasındaki farklılığın önemsiz olduğu bulunmuştur ($p>0.05$).

Biyoaktif maddenin sıcaklık, ışık ve hava ile teması gibi dış etkilere korunmasını sağlayan enkapsülasyon teknikleri ile depolama sonunda yüksek oranda timokinon içeren ayran üretiminin gerçekleştirildiği kanıtlanmıştır ($p<0.05$). Timokinonun, yavaşça indirgenerek ve depolama süresi boyunca sabit kalarak çörek

otu yağının diğer bileşikleri arasında kararlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca timokinonun düşük sıcaklıklarda termal stabilite sağladığı bildirilmiştir (Kıralan, 2014).

Püskürtmeli kurutucu ile çörek otu yağının mikrokapsüllerinin yoğurda ilave edildiği bir çalışmada kapsüllerin yoğurda ilave edilmesi ile 4 haftalık depolama sonunda timokinon miktarında yalnızca % 5.15 kayıp olduğu bildirilmiştir. Çalışmada çörek otu yağının enkapsülasyonu ile iyi bir stabilite sağlandığı ve yüksek miktarda biyolojik değeri bulunan timokinonun korunduğu tespit edilmiştir (Abedi vd., 2016). Ayrıca Wilkes vd. (2000) süt yağ asitlerinin uçucu bileşiklerin (timokinon, timol gibi) salınımına ve bozulmasına karşı koruyucu bir etkiye sahip olabileceğini öne sürmüştür.

4.4.3. Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayranların Mikrobiyolojik Özellikleri

Çörek otu ekstraktı, püskürtmeli kurutucuda elde edilmiş mikrokapsül ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüller elde edildikten sonra ayrana ilave edilmiştir. Ayranların mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.4.3.1. Koliform Grubu Üzerine Etkisi

Çörek otu ekstraktı ve mikrokapsül ilave edilen ayranların hiçbirinde koliform grubu mikroorganizmaya rastlanılmamıştır.

Kayısı ve hurma ile zenginleştirilmiş ayranların üretildiği, Jalal (2018) tarafından yapılan çalışmada zenginleştirilmiş ayranlarda koliform grubu mikroorganizma tespit edilmemiştir.

4.4.3.2. Maya –Küf Sayısı Üzerine Etkisi

Tablo 4.20’de ekstrakt ve mikrokapsül ilaveli ayranların 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerdeki maya-küf sayıları verilmiştir.

Tablo 4.20. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların maya-küf sayısı üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	<1Aa	<1Aa	<1Aa	<1Aa	<1Aa
PA	1.5	<1Aa	2.01±0.19BCab	3.39±0.06CDb	5.52±0.22Bab	2.45±0.00Eab
PB	3.0	<1Aa	<1Aa	3.98±0.04Ec	4±0.35BCDc	2.48±0.00Eb
PC	4.5	<1Aa	2.39±0.24Cb	3.96±0.04Ec	5.22±0.18Dd	2.49±0.00Eb
AA	1.5	1.15±0.33Aa	1.50±0.30ABab	3.13±0.05Cc	3.28±0.32Bc	2.39±0.01Eb
AB	3.0	1.44±0.27Aa	2.61±0.17Cab	3.71±0.09DEb	3.67±0.4BCb	2.41±0.00Ea
AC	4.5	1.39±0.34Aa	2.55±0.11Cb	3.85±0.08DEc	5.25±0.14Dd	2.43±0.00Eb
EA	0.8	<1Aa	<1Aa	<1Aa	3.68±0.42BCb	1.46±0.03Ba
EB	1.6	<1Aa	<1Aa	<1Aa	4.26±0.07BCDc	1.68±0.07Cb
EC	2.4	<1Aa	<1Aa	2.51±0.36Bb	5.14±0.21CDc	1.93±0.13Dab

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-c: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerin birbirleri arasında ve depolama süresince maya-küf sayıları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak 1. günde maya-küf sayıları üzerine ayran çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Depolamanın ilk gününde örneklerin çoğunluğunun maya-küf miktarı log kob/mL cinsinden 1'in altındadır. Kontrol örneğinde de depolama boyunca maya küfe rastlanılmamış ve depolama süresince maya küf sayısı arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Maya-küf sayısının mL'de log kob miktarını incelediğimizde en fazla 5.52, en az ise 1'in altında (0, sıfır) olarak tespit edilmiştir. Ayran örneklerinde log kob/mL'de 1 üzerinde tespit edildikten sonra 21. güne kadar maya-küf sayısı artış göstermiştir. Ancak 28. günde maya-küf sayısında düşüş gerçekleşmiştir.

Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde 1. günde maya-küf sayısı 1'in altında iken 21. günde maksimum değere ulaşmış ve 28. günde tekrar düşüş gözlemlenerek 2.40 civarında tespit edilmiştir.

AA, AB ve AC örneklerinde 1. günden itibaren maya-küf sayısının olması akışkan yataklı sistemden bir bulaşı olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde ilerleyen haftalarda püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ve ekstraktların ilave edildiği ayran örneklerinde de maya- küf sayısında artış gözlemlenmiştir. Ayran örneklerinde maya küf oluşumu, akışkan yataklı sistemde kurutma sıcaklığının düşük olması, akışkan yataklı sistemde ve püskürtmeli kurutucuda ürün elde edilirken yetersiz aseptik koşullar, ayrana ilave edilen ekstrakt veya mikrokapsülden kaynaklı olabilir.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda mikrokapsül ve ekstrakt ilave edilen ayran örnekleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Kayısı ve hurma ile zenginleştirilmiş ayran üretimi ile ilgili Jalal (2018) tarafından yapılan çalışmada zenginleştirilmiş ayranlarda depolama süresince maya-küf tespit edilmiş ve ilerleyen depolama günlerinde maya-küf sayısında artış görülmüştür.

Dinçer (2021) ateş diken meyvesinden elde ettiği mikrokapsülleri yoğurda ilave ettiği çalışmasında 7. günden itibaren maya-küf tespit etmiştir. Depolamanın son gününde sayı 5.86 log kob/mL düzeyine çıkmıştır.

4.4.3.3. Streptokok Sayısı Üzerine Etkisi

Ayran örneklerinin streptokok sayıları Tablo 4.21’de verilmiştir.

Ayran örneklerin birbirleri arasında streptokok sayıları bakımından fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak depolamanın ilk gününde ayran çeşitleri arasında streptokok sayıları bakımından fark istatistiki açıdan önemli değildir ($p>0.05$). Ayrıca AA, EB ve EC örneklerinde depolama günleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$).

Ayran örneklerin ortalama streptokok değerleri 7.52 ile 8.70 log kob/mL arasında değişiklik göstermiştir. Depolamanın 28 gününde en düşük değer, ilk gününde ise en yüksek değer tespit edilmiştir.

Tablo 4.21. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların streptokok sayısı üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	8.2±0.05Abc	8.28±0.13Ac	8.31±0.18ABc	8.08±0.07Bab	7.97±0.01Ca
PA	1.5	8.12±0.05Ab	8.34±0.08ABb	8.18±0.12ABb	8.11±0.11Bb	7.83±0.05BCa
PB	3.0	8.16±0.05Abc	8.32±0.11ABcd	8.38±0.13ABd	8.07±0.15Bb	7.77±0.05ABa
PC	4.5	8.09±0.04Ab	8.26±0.13Ab	8.17±0.08ABb	8±0.11Bb	7.66±0.05ABa
AA	1.5	8.14±0.00Aa	8.24±0.04Aa	8.24±0.3ABa	7.97±0.05Ba	7.78±0.03ABCa
AB	3.0	8.37±0.22Ab	8.35±0.06ABb	7.97±0.09Aab	7.93±0.06Bab	7.69±0.01ABa
AC	4.5	8.19±0.08Abc	8.44±0.12ABc	8.18±0.14ABbc	7.78±0.09Aab	7.52±0.03Aa
EA	0.8	8.35±0.06Aa	8.68±0.16BCb	8.49±0.06Bab	8.4±0.04Ca	8.55±0.02Dab
EB	1.6	8.7±0.38Aa	8.83±0.19Ca	8.35±0.03ABa	8.51±0.04Ca	8.52±0.13Da
EC	2.4	8.68±0.29Aa	8.6±0.19ABCa	8.45±0.06ABa	8.37±0.04Ca	8.66±0.01Da

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-c: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Kontrol örneğinde 14. güne kadar streptokok sayısında artış gözlenmiş, devamında depolamanın sonuna kadar düşüş kaydedilmiştir. Akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği AA, AB ve AC örneklerinde streptokok sayısında 7. güne kadar artış görülmüş ve 14, 21 ve 28. günde azalma kaydedilmiştir. Örneklerde depolama boyunca az miktarda da olsa streptokok sayılarında azalma vardır.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ile kontrol örneği arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak akışkan yataklı sistemde elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ile ekstrakt ilave edilen ayran örnekleri arasında farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Özünü (2005), kontrol ayranın mikrobiyolojik özelliklerini incelediği çalışmada *Streptococcus. thermophilus* sayısını 8.5-9.0 log kob/mL arasında tespit etmiştir. Kuş (2010), probiyotik ayran üretimi gerçekleştirdiği çalışmada mikrobiyolojik analizler neticesinde *Streptococcus. thermophilus* sayılarını ise 1.5×10^9 ile 4.7×10^9 kob/mL düzeyinde tespit etmiştir.

Ersöz (2019) nar kabuğu kapsüllerini yoğurda ilave ettiği çalışmasında depolama süresince streptokok sayısını 7.26-9.24 log kob/mL arasında tespit etmiştir ve ekstrakt ile mikrokapsül ilave edilmiş yoğurtları kıyasladığında ekstrakt ilave edilen ürünlerde streptokok gelişimi daha yüksek bulunmuştur.

Kayısı ve hurma ile zenginleştirilmiş ayran üretimi ile ilgili Jalal (2018) tarafından yapılan çalışmada streptokok sayısını 7.76 ile 8.35 log kob/mL arasında tespit edilmiştir.

Kapsül ilave edilen ayranlarda ekstrakt ilave edilmiş ayranlara kıyasla Streptokok gelişiminin daha az olduğu belirlenmiştir. Bu durum mikrokapsüllerin antimikrobiyel etkisini daha uzun süre koruduğunu ve ayranlarda mikrobiyel gelişimini sınırlandırdığını göstermektedir.

4.4.3.4. Laktobasil Sayısı Üzerine Etkisi

Ekstrakt ve mikrokapsül ilaveli ayranların depolama günlerindeki laktobasil sayıları Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların laktobasil sayısı üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	6.62±0.1Ae	6.16±0.25Bd	5.31±0.18Dc	3.45±0.17Bb	2.89±0.05Ba
PA	1.5	6.37±0.17Ac	6.12±0.07Bc	5.02±0.06DEb	2.85±1.36ABa	2.49±0.11ABa
PB	3.0	6.33±0.18Ad	6.17±0.13Bd	4.65±0.41ABCc	3.08±0.13ABb	2.21±0.21Aa
PC	4.5	6.51±0.15Ae	6.08±0.1Bd	4.58±0.44ABc	3.11±0.16ABb	2.09±0.09Aa
AA	1.5	6.52±0.13Ad	6.02±0.08Bc	4.83±0.18BCb	3.13±0.2ABa	3.47±0.13Ca
AB	3.0	6.71±0.14Ae	6.08±0.06Bd	4.79±0.22BCc	3.06±0.15ABa	3.44±0.26Cb
AC	4.5	6.33±0.12Ae	5.91±0.08ABd	4.58±0.44ABc	3.02±0.02ABa	3.3±0.21Cb
EA	0.8	6.5±0.08Ad	6.19±0.04Bd	4.9±0.29BCc	3.12±0.12ABb	2.50±1.1ABa
EB	1.6	6.43±0.09Ac	6.11±0.06Bc	4.25±0.15Ab	2.49±0.24Aa	2.43±0.28Aa
EC	2.4	6.42±0.04Ac	5.66±0.21Ac	4.25±0.17Ab	2.89±0.15ABa	2.38±0.32Aa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

a-c: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

Depolama süresince ve ayran çeşitleri bakımından laktobasil sayıları arasındaki farklılık istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). İlk günde ayran çeşitleri arasında laktobasil sayıları bakımından fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Ayran örneklerin ortalama laktobasil sayıları 2.09 ile 6.71 log kob/mL arasında değişiklik göstermiştir. Depolamanın 28. gününde en düşük değer, ilk gününde ise en yüksek değer tespit edilmiştir.

Kontrol örneğinde laktobasil sayısı 2.89-6.62 log kob/mL arasında değişmiştir. Diğer örneklerde olduğu gibi kapsül ilave edilen ayranlarda depolamanın son gününde ilk güne göre düşüş yaşanmış ve depolamanın son gününde 2.09 ile 3.47 log kob/mL arasında tespit edilmiştir. Ekstrakt ilave edilen ayran örneklerinde laktobasil sayısı 2.38-6.50 log kob/mL arasında değişmiştir.

Depolama süresince laktobasil sayıları düşüş göstermiştir. Depolamanın son gününde 2.89 log kob/mL laktobasil miktarı ile kontrol örneği en yüksek miktara sahiptir. Mikrokapsül ve ekstrakt ilave edilen ayranlarda ekstrakt miktarı arttıkça, artan miktara bağlı olarak laktobasil sayılarında azalma görülmüştür.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda kapsülasyon yöntemleri arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Buna göre enkapsülasyon tekniğinin ayranların laktobasil sayıları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı söylenebilir.

Ayranlarda laktobasil sayısındaki azalma ve mikrobiyel gelişimini sınırlandırması çörek otunun antimikrobiyel etkisini göstermektedir. Ayrıca bu azalma ayranın asitliğinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Ortamdaki asit miktarının artması laktik asit bakterilerinin inhibe olmasına sebep olmuş olabilir (Meor Hussin vd., 2017; Ozer vd., 2007).

Heyderi Kohneshahri (2013) yaptığı çalışmasında ayrana farklı oranlarda (%0.75, 1 ve 1.25) tuz ekleyerek laktobasil sayısını 4.6×10^4 ile 1.8×10^4 kob/mL arasında tespit etmiştir.

4.4.3.5. Toplam Aerobik Mezofilik Mikroorganizma Üzerine Etkisi

Çörek otu ekstraktı ve mikrokapsül ilaveli ayranların 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerdeki toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayıları Tablo 4.23'te verilmiştir.

Tablo 4.23. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların toplam aerobik mezofilik mikroorganizma üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)				
		1	7	14	21	28
K	-	6.73±0.04ABe	6.25±0.17Ad	5.61±0.09BCc	3.68±0.12Bb	2.93±0.19Ba
PA	1.5	6.53±0.16ABc	6.26±0.22Ac	5.59±0.18BCb	2.96±0.5Aa	2.49±0.32ABa
PB	3.0	6.56±0.08ABc	6.25±0.15Ac	5.72±0.23Cb	2.98±0.13Aa	2.79±0.28ABa
PC	4.5	6.64±0.06ABe	6.23±0.17Ad	5.37±0.27ABCc	2.89±0.11Ab	2.18±0.18Aa
AA	1.5	6.67±0.09ABc	6.29±0.29Ac	5.23±0.24ABb	3.16±0.24Aa	2.88±0.22Ba
AB	3.0	6.74±0.09ABd	6.28±0.18Ab	5.04±0.13Ab	3.06±0.25Aa	2.78±0.15ABa
AC	4.5	6.48±0.05Ac	6.22±0.18Ac	5.06±0.26Ab	2.18±1.29Aa	2.81±0.23ABa
EA	0.8	6.71±0.07ABe	6.23±0.03Ad	5.13±0.13ABc	4.16±0.01Db	2.4±0.25ABa
EB	1.6	6.79±0.03Bd	6.38±0.02Ad	5.06±0.07Ac	3.92±0.08Cb	2.43±0.28ABa
EC	2.4	6.61±0.03ABd	6.24±0.04Ad	5.41±0.07ABCc	3.54±0.06Bb	2.38±0.32ABa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-c: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayıları arasında istatistiki açıdan fark bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın 7. gününde ayran çeşitleri arasında toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayıları bakımından fark istatistiki açıdan önemli değildir ($p>0.05$).

Ayran örneklerin ortalama toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayıları 6.79 ile 2.18 log kob/mL arasında değişiklik göstermiştir. Depolamanın 28. gününde en düşük değer, ilk gününde ise en yüksek değer tespit edilmiştir. Kontrol örneğinde depolamanın ilk ve son gününde sırasıyla toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı 6.73 ve 2.92 log kob/mL ile diğer örneklerle kıyasla en yüksek toplam aerobik mezofil bakteri sayısı tespit edilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde 1. günde toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı 6.53- 6.64 log kob/mL arasında değişmekte iken 28. günde 2.18-2.79 log kob/mL arasında tespit edilmiştir ve kontrol örneğinde depolama süre

boyunca toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı arasında farklılık vardır ($p<0.05$). Akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde 1. günde toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı 6.48- 6.74 log kob/mL arasında, 28. günde 2.78-2.88 log kob/mL arasında tespit edilmiştir. Ekstrakt ilave edilen ayran örneklerinde 1. günde toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı 6.61- 6.79 log kob/mL arasında, 28. günde 2.38-2.43 log kob/mL arasında tespit edilmiştir.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda kapsülasyon yöntemleri arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Kontrol örneği ile ekstrakt ilave edilen ayran örnekleri arasında da fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ile ekstrakt ilave edilen ve kontrol örneği arasında fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ayrana katılan çörek otu miktarının artışına bağlı olarak toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı PC örneğinde en düşük seviyesine ulaşmıştır. Benzer şekilde ayran içerisinde çörek otu miktarı arttıkça toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısında azalma görülmüştür. Çörek otunun antimikrobiyel etkisinden ve asitliğinin depolama süresince artmasından dolayı mikroorganizma sayısının düşmesine sebep olmuştur.

Tarakci ve Küçüköner (2003) yaptıkları çalışmada meyve aromalı yoğurtlarda toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayısını 5.47-5.70 log kob/g arasında tespit etmişlerdir.

4.4.4. Mikrokapsül ve Ekstrakt İlave Edilen Ayranların Duyusal Özellikleri

4.4.4.1. Görünüm Puanları Üzerine Etkisi

Tablo 4.24'te çörek otu ekstrakt ve mikrokapsülü ilave edilen ayranların 1., 14. ve 28. günlerdeki görünüm puanları değerleri verilmiştir.

Tablo 4.24. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların görünümü üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)		
		1	14	28
K	-	8.7±0.46Ba	8.7±0.46Ba	8.4±0.8Aa
PA	1.5	8.4±0.66ABa	8.6±0.49Ba	7.8±1.4Aa
PB	3.0	7.9±0.7ABa	7.7±0.64ABa	7.5±1.28Aa
PC	4.5	7.6±0.8ABa	7.3±0.9Aa	7±1.26Aa
AA	1.5	8±0.77ABa	7.9±0.83ABa	7.6±1.69Aa
AB	3.0	7.7±0.9ABa	7.3±0.9Aa	6.8±1.4Aa
AC	4.5	7.4±1.02Aa	7±0.89Aa	6.6±1.28Aa
EA	0.8	8±0.89ABa	7.9±0.83ABa	7.7±1.1Aa
EB	1.6	7.8±0.6ABa	7.4±0.92Aa	7.5±1.36Aa
EC	2.4	7.5±0.67Aa	7±1Aa	6.9±1.64Aa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-B: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerinin birbirleri arasında görünüm değerleri bakımından fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın 28. gününde ayran çeşitleri arasında görünüm değerleri bakımından fark istatistiki açıdan önemli değildir ($p>0.05$). Tüm örnekler arasında depolama süreleri boyunca arasında fark yoktur ($p>0.05$).

Ayran örneklerinin görünüm değerleri 6.60 ile 8.70 arasında değişiklik göstermiştir. Depolamanın 28. gününde en düşük değer, ilk gününde ise en yüksek değer tespit edilmiştir. Kontrol örneğinde depolamanın ilk ve 14. gününde 8.70 ile aynı değerler elde edilirken 28. gününde 8.40 değeri ile düşüş göstermiştir. Ayrana katılan çörek otu miktarının artışına bağlı olarak görünüm değerlerinde azalma görülmüştür. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edilen ayran örneklerinde akışkan yataklı sistemde elde edilen kapsüllerin ilave edildiği örneklere göre daha yüksek görünüm değerleri elde edilmiştir ($p<0.05$).

Ersöz (2019) nar kabuğunun kapsüllerini yoğurda ilave ettiği çalışmasında 5 puan üzerinden görünüm değerlerini kontrol örneğinde depolama sonunda 4.50 olarak tespit etmiştir. Nar kabuğu ekstrakt ve mikrokapsülü ilave edilen örneklerde 28 gün depolama sonunda görünüm puanlarını 3.28 ile 3.96 arasında elde etmiştir.

4.4.4.2. Renk Puanları Üzerine Etkisi

Depolama süresince (1., 14. ve 28. gün) ekstrakt ve mikrokapsül ilave edilen ayranların renk puanları Tablo 4.25'te verilmiştir.

Tablo 4.25. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların rengi üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)		
		1	14	28
K	-	8.7±0.46Ba	8.8±0.4Ea	8.6±0.66Ba
PA	1.5	8.1±0.7ABa	8.3±0.64DEa	7.7±1.35ABa
PB	3.0	7.6±0.66ABa	7.2±0.6ABCDa	7.4±1.2ABa
PC	4.5	7.2±0.98Aa	6.9±0.7ABa	7±1.18ABa
AA	1.5	7.7±0.9ABa	7.7±0.9ABCDEa	7.4±1.36ABa
AB	3.0	7.1±1.04Aa	6.9±0.7ABa	6.8±1.17ABa
AC	4.5	7±1.1Aa	6.5±0.92Aa	6.7±1.1ABa
EA	0.8	7.7±0.9ABa	8.2±0.87CDEa	7.7±1.1ABa
EB	1.6	7.5±0.5Aa	7.8±1.33BCDEa	7.2±1.54ABa
EC	2.4	7.1±0.7Aa	7±1.1ABCa	6.6±1.85Aa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-E: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerinin renk değerleri bakımından aralarındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama süresi boyunca renk değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Ayran örneklerin renk değerleri AC örneğinde 6.50 ile en düşük ve K örneğinde 8.80 ile en yüksek değer tespit edilmiştir. Tüm örneklerde ayrana katılan çörek otu miktarının artışına bağlı olarak renk değerlerinde azalma görülmüştür. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde akışkan yataklı kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği örneklere göre daha yüksek renk değerleri elde edilmiştir. Depolamanın 14. gününde PA, EA ve K örneğinde renk değerlerinde 1. güne göre artış, 28. günde tekrar azalma görülmüştür.

Temen (2018) ayranlara kinoa unu ilave edip 14 günlü depolanması sonucunda ayranların renk puanlarını incelemiştir. 7 puanlık değerlendirme skalasında depolama boyunca ayran örneğinin renk değerlerini 5.15 ile 5.40 arasında bulmuş ve aralarındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Ayrana % 0.3 kinoa unu ilave ettiği ayranlarda ise 5.02 ile 5.45 arasında tespit etmiş

ve depolama süresi bakımından ayranlar aralarındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

4.4.4.3. Kıvam Puanları Üzerine Etkisi

Ekstraktı ve mikrokapsül ilave edilen ayranların 1., 14. ve 28. günlerdeki kıvam değerleri Tablo 4.26’da verilmiştir.

Tablo 4.26. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların kıvamı üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)		
		1	14	28
K	-	7.6±1.02Aa	8±0.77Aa	8.1±0.94Aa
PA	1.5	7.4±1.2Aa	8.2±0.75Aa	8.2±0.98Aa
PB	3.0	7.5±0.81Aa	8.2±0.98Aa	8.3±1Aa
PC	4.5	7.6±1.11Aa	7.9±1.22Aa	8.1±1.37Aa
AA	1.5	7.9±1.14Aa	8±1Aa	8.1±0.94Aa
AB	3.0	7.9±1.04Aa	8.3±0.64Aa	7.7±1.79Aa
AC	4.5	7.9±1.04Aa	8.1±0.94Aa	7.5±2.16Aa
EA	0.8	7.6±1.11Aa	7.2±0.98Aa	7.5±1.02Aa
EB	1.6	7.9±0.7Aa	7.1±1.3Aa	7.3±1.1Aa
EC	2.4	8±0.89Aa	6.8±1.08Aa	7.2±1.25Aa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-B: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-b: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Hem ayran örnekleri hem de depolama süresi bakımından örneklerin kıvam puanları arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Buna göre kapsül ilavesinin kıvam yönünden ayranların özelliklerini olumsuz etkilemediği söylenebilir.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda tüm ayran örneklerinde enkapsülasyon yöntemi ve ekstrakt ilavesi ile elde edilen ayranlar arasında farklılığın önemli olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$).

Püskürtmeli kurutucu ve dondurarak kurutma yöntemiyle kırmızı biber atığından elde edilen kapsüllerin yoğurda eklendiği bir çalışmada mikrokapsüllerin ilave edildiği örneklerin yüksek kıvam puanları (5 üzerinden 5’e yakın) elde ettiği ifade edilmiştir (Seregelj vd., 2019).

4.4.4.4. Koku Puanları Üzerine Etkisi

Tablo 4.27’de farklı oranlarda çörek otu ekstraktı ve mikrokapsül ilave edilen ayranların depolama süresince koku puanları verilmiştir.

Tablo 4.27. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların kokusu üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)		
		1	14	28
K	-	8.2±0.87Aa	8.4±0.66Aa	7.6±0.92Aa
PA	1.5	7.9±1.14Aa	8.1±0.94Aa	7.5±1.5Aa
PB	3.0	7.1±1.37Aa	8.1±0.83Aa	7.1±2.21Aa
PC	4.5	7.1±1.58Aa	7.9±1.04Aa	7±2.1Aa
AA	1.5	7.7±1.1Aa	7.3±1.49Aa	6.4±1.85Aa
AB	3.0	7.2±1.47Aa	7.4±1.36Aa	6.1±1.92Aa
AC	4.5	6.7±1.79Aa	7.4±1.43Aa	5.8±1.99Aa
EA	0.8	7.2±0.98Aa	7.4±1.62Aa	7.6±1.02Aa
EB	1.6	7.9±0.7Aa	6.8±1.4Aa	7.2±1.25Aa
EC	2.4	7.4±0.92Aa	7.2±1.6Aa	7±1.55Aa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-A: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-a: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örnekleri ve depolama süresi boyunca örneklerin koku puanları arasında fark tespit edilememiştir ($p>0.05$).

Temen (2018) yaptığı çalışmasında ayranlara kinoa unu ilave edip 14 günlük depolanması sonucunda ayranların renk puanlarını incelediği çalışmasında 7 puanlık değerlendirme skalasında depolama boyunca ayran örneğinin puanlarını 4.77 ile 5.40 arasında tespit etmiştir. Depolamanın son gününde koku değerlerinde azalma kaydetmiştir.

4.4.4.5. Tat Puanları Üzerine Etkisi

Depolama süresi boyunca ekstrakt ve mikrokapsül ilave edilen ayranların 1., 14. ve 28. günlerinde tat değerleri Tablo 4.28’de verilmiştir.

Tablo 4.28. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların tadı üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)		
		1	14	28
K	-	8±1Ba	8.5±0.81Ca	7.8±1.08Ca
PA	1.5	7.6±0.66BCa	8.2±0.6BCa	7.7±1.27Ca
PB	3.0	6.7±1BCa	7.5±1.12BCa	7±2.14BCa
PC	4.5	6.1±1.45ABa	6.6±1.43ABa	6.5±1.96ABCa
AA	1.5	7.2±1.08BCa	6.7±1.27ABCa	6±1.55ABCa
AB	3.0	6.7±1.42BCa	6.3±1.19ABa	5±2.1ABa
AC	4.5	5.1±1.3Aa	5.3±1.73Aa	4.3±2.1Aa
EA	0.8	7.1±1.14BCa	6.8±1.4ABCa	7.4±0.92BCa
EB	1.6	7.8±0.75Ba	7.3±1.35BCa	7.3±1.62BCa
EC	2.4	7.3±0.9BCa	6.4±1.43ABa	6.6±1.62ABCa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-C: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-a: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örnekleri arasında tat değerleri bakımından fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Örnekler arasında depolama süresinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Ayran örneklerinin tat değerleri AC örneğinde 4.30 ile en düşük ve K örneğinde 8.50 ile en yüksek değer olarak elde edilmiştir. Kontrol örneğinde 7.8 ile 8.5 arasında tat değerleri elde edilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde tat değerleri 6.1 ile 8.2 arasında; akışkan yataklı sistemde elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde tat değerleri 4.3 ile 7.2 arasında ve ekstrakt ilaveli ayranlarda tat değerleri 6.4 ile 7.8 arasında değişmiştir. Depolamanın sonunda kontrol örneğinin ortalama tat puanı 7.80 tespit edilmiştir, bu değere en yakın değer 7.70 puanı ile PA örneği olmuştur.

Ayran ilave edilen çörek otu miktarının artışına bağlı olarak tat değerlerinde azalma görülmüştür. Mikrokapsül ve ekstrakt ilave edilen örneklerde akışkan yataklı sistemde elde edilen kapsüllerin ilave edildiği AA, AB ve AC örneklerinde daha düşük tat değerleri elde edilmiştir. Depolamanın 14. gününde PA, PB, PC, AC ve K örneklerinde tat değerlerinde 1. güne göre artış kaydedilmiştir. PA, PB, PC ve EA örneklerinde depolamanın son gününde ilk güne göre tat puanlarında artış görülmüştür.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda ekstrakt ilave edilen, püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ve kontrol örneği arasındaki farklılığın önemsiz olduğu bulunmuştur ($p>0.05$). Ancak akışkan yataklı kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri diğerlerine göre farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ayranın tadını olumsuz etkilediği söylenebilir.

Dinçer (2021) ateş diken meyvesinden elde ettiği mikrokapsülleri yoğurda ilave ettiği çalışmada 28 günlük depolamanın son gününde mikrokapsül ve ekstrakt ilave ettiği ayranlarda 3.0 ile 4.0 arasında tat puanları tespit ettiğini bildirmiştir ($p<0.05$). Ayrıca kontrol örneğinde depolamanın ilk gününde 8.07 tat puanı kaydedilmiştir. Depolamanın ilk günü 3.73 ile 8.07 arasında tat puanları bildirmiştir.

4.4.4.6. Genel Beğeni Puanları Üzerine Etkisi

Depolama boyunca çörek otu ekstraktı ve mikrokapsül ilave edilen ayranların genel beğeni puanları Tablo 4.29’da verilmiştir.

Tablo 4.29. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların genel beğeni üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)		
		1	14	28
K	-	7.8±0.98Ca	8.6±0.49Db	7.8±0.98Bab
PA	1.5	7.5±0.81BCa	8.2±0.4CDa	7.5±1.57Ba
PB	3.0	6.7±0.9ABCa	7.7±0.46BCDa	7±2.05ABa
PC	4.5	6±1.1ABa	7.2±0.6ABCa	6.6±2.01ABa
AA	1.5	6.9±1.3BCa	6.9±1.14ABCa	6.3±1.62ABa
AB	3.0	6.6±1.28ABCa	6.7±0.9ABa	5.5±1.86ABa
AC	4.5	5.4±1.28Aa	6.2±0.98Aa	4.9±2.07Aa
EA	0.8	7.5±0.81BCa	7.3±1.1ABCa	7.4±0.92Ba
EB	1.6	7.8±0.75Ca	7.2±1.25ABCa	7.4±1.28Ba
EC	2.4	7.3±0.9BCa	6.2±1.17Aa	6.2±1.4ABa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-D: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-b: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örneklerinin birbirleri arasında genel beğeni değerleri bakımından fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Örnekler arasında depolama süresi

bakımından fark yoktur ($p>0.05$). Kontrol örneğinde genel beğeni değerleri arasındaki fark depolama süreleri açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ayran örneklerinin genel beğeni değerleri AC örneğinde 4.30 ile en düşük ve K örneğinde 8.60 ile en yüksek tespit edilmiştir. Ayranı ilave edilen çörek otu miktarının artışına bağlı olarak genel beğeni değerlerinde azalma görülmüştür. Depolamanın son gününde ekstrakt ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği AA, AB, AC, EA, EB, EC ayran örneklerinde genel beğeni bakımından ilk güne göre azalma görülmüştür.

Depolamanın son gününde en düşük genel beğeni puanı ise sırasıyla 6.30, 5.50 ve 4.90 olan AA, AB ve AC örneklerinde kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde PA, PB, PC, AB, AC ve K örneklerinde genel beğeni değerlerinde 1. güne göre artış görülmüştür.

Faktöriyel analiz sonuçlarına göre depolamanın sonunda akışkan yataklı kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ile ekstrakt ilave edilen, püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ve kontrol örneği arasındaki farklılığın önemli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ekstrakt ilave edilen, püskürtmeli kurutucuda elde edilen kapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri ve kontrol örneği arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Buna göre akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsül ilave edilen ayranların genel beğeni bakımından panelistler tarafından olumsuz değerlendirilmesine neden olduğu söylenebilir.

Günel (2019) kapsaisin mikrokapsüllerini ayranı ilave ettiği çalışmada mikrokapsüle kapsaisin tozu ve saf kapsaisin katkılı ayran elde etmiştir. Panelistlerin yaptığı değerlendirme sonucunda mikrokapsül ilave edilen ayranların kontrol ayranlarıyla aynı (9 puan) genel beğeni puanı aldıkları tespit edilmiştir. Pirinç kepeği yağının yoğurda ilave edildiği çalışmada doğrudan yağ ilave edilen yoğurtla yağ mikrokapsülü ilave edilen yoğurdun karşılaştırılmasında genel beğeni açısından mikrokapsül ilave edilen yoğurdun daha yüksek puan aldığı bildirilmiştir (Atta vd., 2020).

4.4.4.7. Satın Alma Tercihi Üzerine Etkisi

Piyasada çörek otu ekstraktı, püskürtmeli kurutucuda ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsül ilave edilen ayran olması durumunda satın alma olasılıklarını gösteren Tablo 4.30’da verilmiştir. Satın alma tercihleri 1 “Kesinlikle alırdım”, 2 “Belki alırdım”, 3 “Kesinlikle almazdım” şeklinde değerlendirilmiştir.

Tablo 4.30. Mikrokapsül ve ekstraktların ayranların satın alma tercihi üzerine etkisi

Örnek Kodu	İlave Oranı (%)	Depolama Süresi (Gün)		
		1	14	28
K	-	1.1±0.3Aa	1±0Aa	1.2±0.4Aa
PA	1.5	1.2±0.4ABa	1±0Aa	1.3±0.64Aa
PB	3.0	1.8±0.4ABCa	1.3±0.46ABa	1.6±0.66ABa
PC	4.5	2±0.63BCa	1.7±0.64ABCa	1.8±0.75ABCa
AA	1.5	1.7±0.78ABa	1.8±0.75ABCa	1.8±0.6ABCa
AB	3.0	1.9±0.7ABCa	2.1±0.7BCa	2.3±0.78BCa
AC	4.5	2.5±0.5Ca	2.4±0.49Ca	2.6±0.49Ca
EA	0.8	1.6±0.66ABa	1.8±0.6ABCa	1.6±0.49ABa
EB	1.6	1.3±0.46ABa	1.7±0.64ABCa	1.7±0.78ABCa
EC	2.4	1.7±0.46ABa	2.2±0.75Ca	1.9±0.7ABCa

K: Kontrol grubu örnekleri, P ile başlayanlar püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, A ile başlayanlar akışkan yatak kurutucuda elde edilen mikrokapsül eklenen ayran, E ile başlayanlar çörek otu ekstraktı eklenen ayran örnekleridir.

A-C: Aynı sütundaki büyük harfler ayran tiplerinin karşılaştırması olup farklı harfler. örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

a-a: Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler. örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Ayran örnekleri arasında satın alma tercihi bakımından fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ekstrakt ve mikrokapsül ilave edilen ayranların satın alınma tercihleri değişiklik göstermiştir. Örnekler arasında depolama süresinin etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Buna göre ayranların depolama süresi artsa da satın alma tercihlerini olumsuz etkilemediği söylenebilir.

Ayran örneklerinin satın alma tercihleri AC örneğinde 2.60 ile en düşük ve PA, K örneğinde 1.00 ile en yüksek değer olarak elde edilmiştir. Ayranı ilave edilen çörek otu miktarının artışına bağlı olarak satın alma değerlerinde azalma görülmüştür. Depolamanın son gününde ekstrakt ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği PB ve PC ayran örneklerinde satın alma bakımından ilk güne göre azalma görülmüştür.

Depolamanın son gününde en düşük satın alma puanı ise sırasıyla 1.80, 2.30 ve 2.60 olan AA, AB ve AC örneklerinde kaydedilmiştir.

Genel olarak görünüm, renk, kıvam, tat-aroma, koku, genel beğeni ve satın alma tercihi bakımından en fazla tercih edilen ayran örneği kontrol örneği olmuştur. Kontrol örneği tüketicilerin günlük hayatta tükettiği ticari ürünlere benzerlik gösterdiği için panelistler tarafından yüksek puanlar ile değerlendirilirken, akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örnekleri en düşük puanları almıştır. Tüm ayran örneklerinde ilave edilen miktar arttıkça ve depolama süresi arttıkça puanlarda azalma görülmüştür.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma 4 aşamadan oluşmuştur. İlk olarak çörek otunun ekstraksiyonu amacıyla uygun ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir. İkinci aşamada püskürtmeli kurutucuda çörek otu tozunun optimizasyonu yapılmıştır. Üçüncü aşamada çörek otunun püskürtmeli kurutucuda ve akışkan yataklı sistemde enkapsülasyonu gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise elde edilen mikrokapsüller ve ekstraktlar ayran üretiminde kullanılarak ayranların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri incelenmiştir.

Bu amaçla toplam fenolik madde miktarı %70 etanol, %50 etanol, %30 etanol ve %100 su içeren çözücü ile ekstraksiyon yapıldığında sırasıyla 490.40, 406.35, 384.85 ve 357.85 g GAE/kg olarak, antioksidan aktivite % olarak 33.17, 37.54, 32.13 ve 33.82 tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda (40, 50 ve 60 °C) ekstraksiyon işlemi gerçekleştiğinde sırasıyla toplam fenolik madde miktarı 116.90, 187.60 ve 248.05 g GAE/kg, antioksidan aktivite (%) 65.06, 61.35 ve 59.22 tespit edilmiştir. Farklı sürelerde ekstraksiyon işlemi gerçekleştiğinde 30, 45 ve 60 dk sürelerindeki ekstraksiyonlarda toplam fenolik madde miktarı 328.70, 295.40 ve 226.90 g GAE/kg olarak, antioksidan aktivite % olarak 77.41, 79.05 ve 78.82 tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre %70 etanol içeren çözücü, 60 °C ultrasonik dalga destekli sıcaklık ve 30 dk süre optimum ekstraksiyon koşulları olarak belirlenmiştir.

Çörek otunun püskürtmeli kurutucu ile optimizasyonunda hava giriş sıcaklığı (°C), maltodekstrin oranı (%) ve akış hızı (%) bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı (Y1), antioksidan aktivite (Y2), carr indeks (Y3) ise bağımlı değişkenler olarak belirlenmiştir. Yanıt yüzey yöntemi kullanılarak çörek otu tozu için yüksek toplam fenol madde içeriği ve akabilirlik özelliklerinin arzulandığı optimum kurutma koşulları olarak hava giriş sıcaklığı 165 °C, maltodekstrin oranı % 10 ve akış hızı % 9 belirlenmiştir.

Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsül ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 72.55 ve 135.15 mg GAE/100g olarak tespit edilmiştir. Antioksidan aktivite değerleri püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsülde %80.61 ve akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsülde %79.39 olarak bulunmuştur. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerde L, a ve b değerleri sırasıyla 88.07, 0.34 ve

7.35 olarak tespit edilirken akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerde L, a ve b değerleri sırasıyla 85.48, 0.14 ve 7.45 olarak tespit edilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerde timokinon miktarı 5.72 mg/100g bulunurken, akışkan yataklı sistemde elde edilen mikrokapsüllerde 5.19 mg/100g bulunmuştur.

Araştırmanın son aşamasında ayranlara % 0.8, % 1.6 ve % 2.4 oranında çörek otu ekstraktı ve % 1.5, % 3.0 ve % 4.5 oranında mikrokapsüller ilave edilmiş ve ayranların mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri araştırılmıştır.

Ayranların fizikokimyasal özellikleri olarak pH değerleri depolamayla birlikte azalma göstermiştir. Depolamanın ilk gününde 4.05 olan pH değeri depolamanın son gününde 3.75'e düşmüştür. Depolamanın ilk gününde 0.65 olan titrasyon asitliği değeri depolamanın son gününde 0.94 değeri olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda ekstrakt ilave edilen ayranlarda depolama süresinin sonunda toplam fenolik madde miktarı azalmakta, benzer şekilde bizim çalışmamızda da ekstrakt ilave edilen ayran örneğinde azalma gerçekleşmektedir. Ancak akışkan yataklı sistem ve püskürtmeli kurutucu ile elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayran örneklerinde enkapsülasyon işlemi toplam fenolik bileşenler korunmasını sağlamıştır ve 28. günde bile $38.85-57.89 \pm \text{mg/mL}$ GAE olarak bulunmuştur. Ayrıca antioksidan aktivitede oransal olarak en yüksek değer akışkan yataklı sistemde elde edilen AC örneğinde % 50 ile ölçülmüştür. Böylece çalışmamızda enkapsüle edilen ürünlerin ayrana ilave edilmesiyle fenolik bileşiklerin korunduğu kanıtlanmıştır. Depolama süresince ayranların L ve b değeri artarken, a değerinde azalma gerçekleşmiştir. Ayrana eklenen mikrokapsül oranı artışıyla birlikte b değeri de artmakta, ayranın renk değişikliklerine mikrokapsülün renginin ayrana nüfuz etmesi neden olmaktadır. Ayran örneklerinde HPLC analizi sonucunda timokinon miktarı en yüksek 4.14 mg/L düzeyinde tespit edilmiştir. Depolama sonunda da AC örneğinde 2.12 mg/L tespit edilmesi akışkan yataklı sistemin son üründe timokinon miktarını koruduğunu göstermektedir.

Ayranların mikrobiyolojik özellikleri olarak depolama süresince ayranların laktobasil ve toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayılarında azalma, streptokok sayılarında ise kısmi bir azalma görülmüştür. Koliform grubu mikroorganizmaya rastlanılmamıştır. Üretimin hijyenik şartlarda olduğunu,

depolamada şartların korunduğu ve hammaddelerin hijyenik olarak iyi olduğunun göstermektedir.

Ayranların duysal özellikleri olarak kontrol örneği panelistler tarafından görünüm, renk, kıvam, tat-aroma, koku ve genel beğeni bakımından değerlendirmeleri sonucunda en yüksek puanları almıştır. Tüm örneklerde ilave edilen ekstrakt ve mikrokapsül miktarı arttıkça ve depolama boyunca puanlarda azalma görülmüştür. Çörek otu genel olarak buruk bir tada sahip olduğundan çörek otu ilave edilen ayranlarda konsantrasyon artışına bağlı olarak buruk tat oluştuğu için puanlar düşük tespit edilmiştir.

Ayran örnekleri arasında görünüm, renk, tat, koku, kıvam ve satın alma bakımından depolama süresinin etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Ayran örneklerinde HPLC analizi sonucunda timokinon miktarı en yüksek 4.14 mg/L düzeyinde tespit edilmiştir. Depolama sonunda da AC örneğinde 2.12 mg/L tespit edilmesi akışkan yataklı sistemin son üründe timokinon miktarını koruduğunu göstermektedir.

Çörek otu başarılı bir şekilde enkapsüle edilerek ayrana ilave edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde bu çalışmada akışkan yataklı kurutucuda elde edilen mikrokapsüllerin ilave edildiği ayranlar daha fazla beğenilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışma ile Türkiye menşeli çörek otu tohumlarının değerlendirilerek fonksiyonel ayran üretimi gerçekleştirilerek biyoaktif özelliklerinin korunması sağlanmıştır. Bitkisel tıbbi ürün kapsamında bulunan bu tohumların günlük tüketimi fazla olan gıdalarda kullanımının yaygınlaştırılması farklı çalışmalarda araştırma konusu edilebilir. Ekstraksiyon metoduna göre ekstrakte edilen bileşenler amacına uygun şekilde ayırma ve saflaştırma işlemleriyle saf olarak elde edilebilir.

Çorum yöresinde yetişen çörek otunun antioksidan özellikleri, biyoaktif bileşenler ve toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi daha sonra yapılacak olan araştırmalara literatür oluşturması açısından önem arz ettiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Fattah, A.M., Matsumoto, K., and Watanabe, H. (2000). Antinociceptive effects of Nigella sativa oil and its major component. in mice. *Eur J Pharmacol*, 400(1), 89-97.
- Abedi, A., Rismanchi, M., Shahdoostkhany, M., Mohammadi, A., and Hosseini, H. (2016). Microencapsulation of Nigella sativa seeds oil containing thymoquinone by spray-drying for functional yogurt production. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 2280–2289.
- Acharya, U.R., Mishra, M., Patro, J. and Panda, M.K. (2008). Effect of vitamins C and E on spermatogenesis in mice exposed to cadmium. *Reprod Toxicol*, 25(1), 84-88.
- Açu, M. (2014). Non-thermal new methods and their effects on microorganisms. *Journal of Food and Feed Science – Technology*, 14, 23-35.
- Aggarwal, B.B., Kunnumakkara, A.B., Harikumar, K.B., Tharakan, S.T., Sung, B. and Anand, P. (2008). Potential of spice-derived phytochemicals for cancer prevention. *Planta Medica*, 74, 1560-1569.
- Agrawal, R., Kharya, M.D. and Shrivastava, R. (1979). Antimicrobial and anthelmintic activities of the essential oil of Nigella sativa Linn. *Indian J Exp Biol*, 17(11), 1264-1265.
- Akçay, F. (2016). Acılı ayran üretimi ve bazı özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilimdalı, Samsun.
- Akhtar, A.H., Ahmad, K.D., Gilani, S.N. and Nazir, A. (1996). Antiulcer effect of aqueous extracts of Nigella sativa and Pongamia pinnata in rats. *Fitoterapia*, 67, 195–199.
- Al-Ali, A., Alkhawajah, A.A., Randhawa, M.A. and Shaikh, N.A. (2008). Oral and interperitoneal LD50 of thymoquinone. an active principle of Nigella sativa. in mice and rats. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*, 20(2), 25-27.
- Alarcon-Rojo, A.D. (2015). Power ultrasound in meat processing. *Meat Science*, 107, 86-93.
- Alhebshi, A.H., Odawara, A., Gotoh, M. and Suzuki, I. (2014). Thymoquinone protect scultured hippocampal and human induced pluripotent stem cells derived neurons against α -synuclein-induced synapse damage. *Neuroscience Letters*, 570, 126–131.
- Al-Kadamany, E., Toufeili, I., Khattar, M., Abou-Jawdeh, Y., Harakeh, S. and Haddad, T. (2002). Determination of shelf life of concentrated yogurt (Labneh) produced by in-bag straining of set yogurt using hazard analysis. *Journal of dairy science*, 85:5, 1023-1030.
- Alkharfy, K.M., Ahmad, A., Khan, R.M. and Al-Shagha, W.M. (2015). Pharmacokinetic plasma behaviors of intravenous and oral bioavailability of thymoquinone in a rabbit mode. *Eur J Drug Metab Pharmacokinet*, 40(3), 319-323.
- Al-Naggar, T.B., Gomez-Serranillos, M.P., Carretero, M.E. and Villar, A.M. (2003). Neuropharmacological activity of Nigella sativa L. extracts. *J Ethnopharmacol*, 88, 63-68.
- Al-Naqeep, G., Ismail, M. and Allaudin, Z. (2009). Regulation of low-density lipoprotein receptor and 3-hydroxy-3 methylglutaryl coenzyme A reductase gene expression by thymoquinone in Hep G2 cells. *Journal of Nutrigenetics and nutrigenomics*. 2(45), 163-72.
- Al-Saleh, I., Billedo, G. and El-Doush, I.I. (2006). Levels of selenium. DL- α -tocopherol. DL- γ - tocopherol. all-trans-retinol. thymoquinone and thymol in different brands of Nigella sativa seeds. *J Food Compost Anal.*, 19, 167–175.

- Alslı, Z.A. (2019). Influence of Spirulina and Whey Protein Hydrolysate on Growth Rate and Activity of Some Probiotic Bacteria in Ayrın. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyokimya Bilimi ve Teknolojisi, 96s. Gaziantep.
- Anandharamakrishnan, C., Rielly, C.D. and Stapley, A.G.F. (2007). Effects of process variables on the denaturation of whey proteins during spray drying. *Drying Technology*, 25(5), 799-807.
- Anonim (1996). Süt ve Süt Ürünleri - Küf ve Mayaların Koloni Oluşturan Birimlerinin Sayımı - 25° C' de Koloni Sayım Tekniğı. TS ISO 6611. Türk Standardları Enstitüsü (T.S.E.). Ankara. TS ISO.
- Anonim (2009). Türk Gıda Kodeksi. Fermente Süt Ürünleri Tebliğı. No: 2009/25. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02/20090216-8.htm> (Erişim Tarihi: 13 Kasım 2023).
- AOAC (2000). Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg, MD. USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Atak, Z., Koç, M. ve Kaymak-Ertekin, F. (2017). Akışkan Yatak Kaplama ve Gıda Uygulamaları. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(12), 1550-1557.
- Atalar, İ. and Yazıcı, F. (2018). Influence of top spray fluidized bed agglomeration conditions on the reconstitution property and structure modification of skim yoghurt powder. *J Food Process Preserv*, 42, e13414. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13414>.
- Atta, N., Abo Khashaba, A., Shaltout, O., El-lateaf, A., Hisham, A. and El -Difrawy, E. (2020). Microencapsulation of Rice Bran Oil by Spray Drying and its Application in Producing High Quality Yoghurt. *Alexandria Science Exchange Journal*, 41(January-March), 129-140.
- Atta-ur-Rahman, M.S., Choudhary, M.I. and Rahman, H.- (1985). Nigellimine-N-oxide—a new isoquinoline alkaloid from the seeds of *Nigella sativa*. *Heterocycles*, 23, 953–955.
- Babayan, V.K., Koottungal, D. and Halaby, G.A. (1978). Proximate Analysis. Fatty Acid and Amino Acid Composition of *Nigella Sativa* L. Seed. *Journal of Food Science*, 43, 1314-1319.
- Bai, T., Yang, Y., Wu, Y.L., Jiang, S., Lee, J.J. and Lian, L.H. (2014). Thymoquinone alleviates thioacetamide-induced hepatic fibrosis and inflammation by activating LKB1-AMPK signaling pathway in mice. *International Immunopharmacology*, 19(2), 351-357.
- 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.
- Barakat, H. and Hassan, M.F. (2017). Chemical. Nutritional. Rheological. and Organoleptical Characterizations of Stirred Pumpkin-Yoghurt. *Food and Nutrition Sciences*, 8(7), 746.
- Barbosa-Canovás, G.V., Ortega-Riva, E., Juliano, P. and Yan, H. (2005). Encapsulation Processes. Food Powders: Physical Properties. Processing. and Functionality. *Kluwer Academic/Plenum Publisher*, New York, 199-218.

- Bayraktaroğlu, G. (2008). Yağsız Ayranın Kalite ve Reolojik Özellikleri Üzerine Yağ İkame Maddelerinin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 96s.
- Bayram, Ö.A., Bayram, M. and Tekin, A.R. (2005). Spray drying of sumac flavor using sodium chlorid. sucrose. glucose and starch as carriers. *Journal of Food Engineering*, 69, 253–260.
- Bhandari, B. R., Datta, N., Crooks, R., Howes, T. and Rigby, S. (1997). A semi-empirical approach to optimise the quantity of drying aids required to spray dry sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(10), 2509-2525.
- BinSayed, M.S., Shams, T., Fahim Hossain, S., Rahman, M.R., Mostofa, A., Fahim Kadir, M., Mahmood, S. and Asaduzzaman, M. (2014). Nigella sativa L. Seeds modulate mood, anxiety and cognition in healthy adolescent males. *J. Ethno-pharmacol*, 152, 156–162.
- Bor, T., Aljaloud, S.O., Gyawali, R. and Ibrahim, S.A. (2016). Antimicrobials from herbs, spices, and plants Fruits. *Vegetables. and Herbs*, 551-578.
- Buffo, R.A., Probst, K., Zehentbauer, G., Luo, Z. and Reineccius, G.A. (2002). Effects of agglomeration on the properties of spray-dried encapsulated flavours. *Flavour and Fragrance Journal*, 17: 292–299.
- Burits, M. and Bucar, F. (2000). Antioxidant activity of Nigella sativa essential oil. *Phytother Res*, 14, 323-328.
- Butt, M.S. and Sultan, M.T. (2010). Nigella sativa: Reduces the risk of various maladies. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 50 (7), 654-665.
- Büyüksırt, T. ve Kuleasan, H. (2014). Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı. *Gıda*, 39:4, 235:241.
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri*, Ankara, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34,108-113.
- Cheikh-Rouhou, S., Besbes, S., Hentati, B., Blecker, C., Deroanne, C. and Attia, H. (2007). Nigella sativa L.: Chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. *Food Chemistry*, 101, 673-681.
- Cheikh-Rouhou, S., Besbes, S., Lognay, G., Blecker, C., Deroanne, C. and Attia, H. (2008). Sterol Composition of Black Cumin (Nigella sativa L.) and Aleppo Pine (Pinus halepensis Mill.) Seed Oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21,162–168.
- ÇED (2017). Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi.
- Çelekli, A., Alajil Alslibi, Z. and Bozkurt, H. (2020). Influence of incorporated Spirulina platensis on the growth of microflora and physicochemical properties of ayran as a functional food. *Algal Research*, 44, 101710.
- Çelik, G. (2016). Fonksiyonel Yeni Süt Ürünleri; Propolis Katkılı Yoğurt ve Ayran. Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli, 63s.
- Darakhshan, S., Bidmeshki, P.A., Hosseinzadeh, C.A. and Sisakhtnezhad, S. (2015). Thymoquinone and its therapeutic potentials. *Pharmacological Res*, 95-96, 138-158.
- Davis, P.H., Mill, R.R. and Tan, K. (1965). Flora of Turkey ve The East Aegean Island. *Edinburg University Press*, Vol: 1, 98–104.
- Dinçer, E.İ. (2021). Ateş Dikeni (Pyracantha coccinea Roemer var. lalandi) Meyve Ekstraktının Enkapsülasyon Optimizasyonu ve Yoğurt Üretiminde Kullanımı. Doktora

Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, 180 s.

- Donohue, D.C., Salminen S. (1996). Safety of bacteria asia pacific. *Journal of Clinical Nutrition*, 5,, 25-28.
- Edris, A. E., Kalembe, D., Adamiec, J., & Piątkowski, M. (2016). Microencapsulation of *Nigella sativa* oleoresin by spray drying for food and nutraceutical applications. *Food Chemistry*, 204, 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.143>.
- Edris, A.E. (2010). Evaluation of the volatile oils from different local cultivars of *Nigella sativa* L. grown in Egypt with emphasis on the effect of extraction method on thymoquinone. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(2), 154-164.
- El Gazzar, M., El Mezayen, R., Marecki, J.C., Nicolls, M.R., Canastar, A. and Dreskin, S.C. (2006). Anti-inflammatory effect of thymoquinone in a mouse model of allergic lung inflammation. *International Immunopharmacology*, 6(7), 1135-42.
- El-Abhar, H.S., Abdallah, D.M. and Saleh, S. (2003). Gastroprotective activity of *Nigella sativa* oil and its constituent, thymoquinone, against gastric mucosal injury induced by ischaemia-reperfusion in rats. *J Ethnopharmacol*, 84, 251–258.
- El-Dakhakny, M. (1963). Studies on the chemical constitution of Egyptian *Nigella sativa* L. seeds. *The essential oil. Planta Medica*, 11(4), 465-470.
- El-Tahir, K.E.H. and Bakeet, D.M. (2006). The black seed *Nigella sativa* L. a min for multi cure: a plea for urgent clinical evaluation of its volatile oil. *Journal of Taibah University Medical sciences*, 1, 1-19.
- El-Tahir, K.E.H., Ashour, M.M.S. and Al-Harbi, M.M. (1993). The respiratory effects of the volatile oil of the black seed (*Nigella sativa*) in guinea-pigs: elucidation of the mechanism(s) of action. *Gen Pharmacol*, 24,1115-1122.
- Ergüllü, E. ve Demiryol, İ. (1983). Yoğurda değişik oranlarda su katılarak yapılan ayranların bazı özellikleri üzerinde araştırma. *Gıda Dergisi*, 8 (5), 203-208.
- Erkaya, T., Başlar, M., Şengül, M. and Ertugay, F.M. (2015). Effect of thermosonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 406-412.
- Ersöz, E. (2019). Nar Kabuğu Ekstraktının Soya İçeceği Katkılı Yoğurtlarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 102s.
- Fang, Z. and Bhandari, B. (2010). Encapsulations of polyphenols-A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 21, 510-523.
- Fararh, K.M., Shimizu, Y., Shiina, T., Nikami, H., Ghanem, M.M. and Takewaki, T. (2005). Thymoquinone reduces hepatic glucose production in diabetic hamsters. *Research in Veterinary Science*, 79(3), 2 19-23.
- Forouzanfar, F., Bazzaz, B.S. ve Hosseinzadeh, H. (2014). Black cumin (*Nigella sativa*) and its constituent (thymoquinone): a review on antimicrobial effects. *Iran Journal of Basic Medical Science*, 17(12), 929-38.
- Franceschinis, L., Salvatori, D.M., Sosa, N. and Schebor, C. (2014). Physical and functional properties of blackberry freeze- and spray-dried powders. *Drying Technology*, 32:2, 197-207. doi:10.1080/07373937.2013.814664.

- Frey, C. (2014). Fluid bed coating-based microencapsulation. *In Microencapsulation in the Food Industry*, 65-79.
- Gali-Muhtasib, H., Roessner, A. and Shneider-Stock, R. (2006). Thymoquinone: a promising anti-cancer drug from natural sources. *IJBCB*, 38, 1249-1253.
- Gardini, F., Lanciotti, R., Guerzoni, M.E. and Torriani, S. (1999). Evaluation of aroma production and survival of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus* in fermented milks. *International dairy journal*, 92, 125-134.
- Gibbs, B., F., Kermasha, S., Alli, I. and Mulligan, C.N. (1999). Encapsulation in the food industry: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50(3), 213-224.
- Goyal, S.N., Prajapati, C.P. and Gore, P.R. (2017) Patil CR vd. Therapeutic potential and pharmacological development of thymoquinone: a multitargeted molecule of natural origin. *Front Pharmacol*, 8:656.
- Gökbulut, İ., ve Öztürk, F. S. (2018). Gıda Mikroenkapsülasyonunda Aljinat Kullanımı.
- Grondel, J.L., Nouws, J.F.M. and Van Muiswinkel, W.B.. (1987). The influence of antibiotics on the immun system: immunopharmacokinetic investigations on the primary anti-SRBC response in carp *Cyprinus carpio* L.. after oxytetracycline injection. *Journal Fish Diseases*, 10, 35–43 pp.
- Guignon, B., Duquenoy, A. and Dumoulin, E.D. (2002). Fluid Bed Encapsulation of Particles: Principles and Practice. *Drying Technology*, 20(2), 419–447.
- Gupta, S., Khan, S., Muzafar, M., Kushwaha. M., Yadav, A.K. and Gupta, A.P. (2016). Encapsulation: entrapping essential oil/flavors/aromas in food Encapsulations. 229-268.
- Günel, Z. (2019). Yakıcılık hissi baskılanmış kapsaisin mikrokapsüllerinin üretimi ve ürün stabilitesinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Harrigan, W. (1998). Laboratory methods. *Food Microbiology*, 53.
- Harzallah, H.J., Kouidhi, B., Flamini, G., Bakhrouf, A. and Mahjoub, T. (2011). Chemical composition. antimicrobial potential against cariogenic bacteria and cytotoxic activity of Tunisian *Nigella sativa* essential oil and thymoquinone. *Food Chem*, 129(4), 1469-1474.
- Hayat, K., Asim, M.B., Nawaz, M., Li. M., Zhang, L. and Sun, N. (2011). Ameliorative effect of thymoquinone on ovalbumin-induced allergicconjunctivitis in Balb/c mice. *Current Eye Research*, 36(7), 591-8.
- Hayatoğlu, F. (2021). Probiyotik Bakteri İlavesi İle Üretilen Ayrarların Fiziksel. Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon. Türkiye 157 s.
- Hayaty Nejad. J., Mohamadi Sani, A. and Hojjatoleslami, M. (2014). Sensory acceptability and quality of flavored yogurt enriched with *Spinacia oleracea* extract. *Nutrition and Food Science*, 44(3), 182-192.
- Heyderi Kohneshahri, S., (2013). Yoğurt ve sütün sulandırılması ile üretilen ayranların özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, GıdaMühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.

- Hosseinzadeh, H. and Montahaei, R. (2007). Protective effect of *Nigella sativa* L. extracts and thymoquinone. its active constituent. on renal ischemia-reperfusion-induced oxidative damage in rats. *Pharmacology online*, 1, 176-189.
- Hosseinzadeh, H. and Parvardeh, S. (2004). Anticonvulsant effects of thymoquinone. the major constituent of *Nigella sativa* seeds. in mice. *Phytomedicine*, 11, 56-64.
- Idham, Z., Muhamad, I.I. and Sarmidi, M.R. (2012). Degradation kinetics and color stability of spray- dried encapsulated anthocyanins from hibiscus sabdariffa l. *Journal of Food Process Engineering*, 35(4), 522-542.
- Ince, S., Kucukkurt, I., Demirel., H.H., Turkmen, R. and Sever, E. (2012). Thymoquinone attenuates cypermethrin induced oxidative stress in Swiss albino mice. *Pesticide Biochemistry and hysiology*, 104, 229-235.
- Ishibashi, N., Yamazaki, S. (2001). Probiotics and safety. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73, 465-470.
- Isik, A.F., Kati, I., Bayram, I. and Ozbek, H. (2005). A new agent for treatment of acute respiratory distress syndrome: thymoquinone. An experimental study in a ratmodel. *European Journal Cardio-Thoracic Surgery*, 28(2), 301–305.
- Islam, M. T., Sultana, N., Riaz, T.A., Ferdous, J., Guha, B., Mohagon, S., Mutsuddy, R., Santos, J.V.O., Reis, A.C., Braga, A.L., Cerqueira, G.,S., Menezes, A.P.M. and Melo-Cavalcante, A.A.C. (2016). Thymoquinone is knocking at the door of clinical trial. *International Archives of Medicine Section: Toxicology and Therapeutics*, 9, 122.
- Işık, S. (2018). Türkiye’de yetiştirilen çörek otu (*Nigella sativa* L.) tohumlarına ön uygulama (priming) ve biyoteknolojik yöntemler uygulayarak standardize çörek otu yağının elde edilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jalal, J. (2018). Meyve ilavesinin ayranların fizikokimyasal. duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, 91 s.
- Javidi, S., Marjan, B.R. and Hosseinzade, H. (2016). A review of Neuropharmacology Effects of *Nigella sativa* and Its Main Component. Thymoquinone. *Phytotherapy research Phytother*, 30, 1219–1229.
- Jiménez, L.V.V. (2016). Microencapsulated bioactive components as a source of health Encapsulations. *Elsevier*, 455-501
- Jinapong, N., Suphantharika, M. and Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders byultrafiltration. spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032.
- Kadam, D., Lele SS (2017). Extraction, characterization and bioactive properties of *Nigella sativa* seedcake. *Journal of food science and technology*, 54, 3936-3947.
- Kalidasu, G., Reddy, G.S., Kumari, S.S., Kumari, A.L. and Sivasankar, A. (2017). Secondary volatiles and metabolites from *Nigella sativa* L. seed. *I J N P Res.*, 8(2), 151-158.
- Kanter, M., Coskun, O. and Uysal. H. (2006). The antioxidative adn antihistaminic effect of *Nigella sativa* and its major constituent. thymoquinone on ethanol-induced gastric mucosal damage. *Arch Toxicol.*, 80, 217-224.
- Kanter, M., Meral. I., Dede, S., Gunduz, H., Cemek, M., Ozbek, H. and Uygan, I. (2003). Effects of *Nigella sativa* L. and *Urtica dioica* L. on lipid peroxidation. antioxidant enzyme systems and some liver enzymes in CCl4-treated rats. *J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med.*, 50, 264–268.

- Karaman, K. (2020). Characterization of *Saccharomyces cerevisiae* based microcarriers for encapsulation of black cumin seed oil: Stability of thymoquinone and bioactive properties. *Food Chemistry*, 313, 126129.
- Kayan, B. (2009). *Taxus Baccata* L.'nin farklı ekstraksiyon yöntemleri ile ekstraksiyonu ve ekstraksiyon verimlerinin karşılaştırılması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Khader, M. and Eckl. P.M. (2014). Thymoquinone: an emerging natural drug with a wide range of medical applications. *Iran Journal of Basic Medical Science*, 17(12), 950-7.
- Kınık, Ö., Kesenkaş, H., Dinkçi, N., Seçkin, K., Kavas, G. ve Göncü, S. (2008). Kefir üretiminde soya sütünden faydalanma olanakları üzerinde araştırmalar. Proje No: Tovag 106O810.
- Kıralan, M. (2014). Changes in volatile compounds of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil during thermal oxidation. *International journal of food properties*, 17(7), 1482–1489.
- Kim, Y.D., Morr, C.V. (1996). Microencapsulation properties of gum arabic and several food proteins: spray-dried orange oil emulsion particles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1314–1320.
- Koca, I., Ustun, N.S., Koca, A.F. and Karadeniz, B. (2008). Chemical composition, antioxidant activity and anthocyanin profiles of purple mulberry (*Morus rubra*) fruits. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 62, 39.
- Koç, M., Sakin, M. ve Kaymak-Ertekin, F. (2010). Mikroenkapsülasyon ve Gıda Teknolojisinde Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 79-90
- Koçak, M. (2021). çörek otu tohum ve yağlarının biyoaktif özellikleri ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ısıtma işleminin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kopelman, I.J., Meydavi, S. and Wilmersdorf, P. (1977). Storage studies of freeze dried lemon crystals. *Journal of Food Technology*, 12, 65–69.
- Köksoy, A., Kilic, M. (2003). Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, 13 (10), 835–839.
- Kök-Taş, T. (2005). Çeşitli yağ ikame maddelerinin ayran kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 91 s.
- 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.
- Kuleaşan, Ş., Yaman, T. (2016). Uçucu yağ elde etmede gelişmiş ekstraksiyon yöntemleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 78-83.
- Kuş, H. (2010). İnsan orjinli probiyotik bakteriler kullanılarak probiyotik ayran üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Lee, S.K., Mbawambo, Z., Chung, H., Luyengi, L., Gamez, E. Mehta, R., Kinghorn, A. and Pezzuto, J. (1998). Evaluation of the antioxidant potential of natural products. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 1 (1), 35-46.

- Loksuwan, J. (2007). Characteristics of microencapsulated β -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloids*, 21(5-6), 928-935.
- Mabrouk, A. and Cheikh, H.B. (2016). Thymoquinone supplementation ameliorates lead-induced testis function impairment in adult rats. *Toxicology and Industrial Health*, 32(6), 1114-21.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release—a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 41, 1–21.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *Int. J. Food Sci. Tech*, (41), 1–21.
- Mahgoub, A.A. (2003). Thymoquinone protects against experimental colitis in rats. *Toxicol Lett*, 143, 133-143.
- Mahmoud, H., Sepahvand, A., Jahanbakhsh, S., Ezatpour, B. and Ayatollahi Mousavi, S.A. (2014). Evaluation of antifungal activities of the essential oil and various extracts of *Nigella sativa* and its main component, thymoquinone against pathogenic dermatophyte strains. *Journal de Mycologie Médicale*, 24(4), e155-61.
- Mahmoud, M.R., El-Abhar, H.S. and Saleh, S. (2002). The effect of *Nigella sativa* oil against the liver damage induced by *Schistosoma mansoni* infection in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(1), 1-11.
- Manzocco, L., Anese, M. and Nicoli, M. C. (1998). Antioxidant properties of tea extracts as affected by processing. *Lebensm.-Wiss. U. – Technol*, 31, 694- 698.
- Mariod, A.A., Ibrahim, M.R., Ismail, M. and Ismail, N. (2009). Antioxidant activity and phenolic content of phenolic rich fractions obtained from black cumin(*Nigella sativa*) seed cake. *Food Chemistry*, 116, 306-312.
- Medina Torres, L., Santiago Adame, R., Calderas, F., Gallegos Infante, J., González Laredo, R., Rocha Guzmán, N., Núñez Ramírez, D.M., Bernad Bernad, M.J. and Manero, O. (2016). Microencapsulation by spray drying of laurel infusions (*Litsea glaucescens*) with maltodextrin. *Industrial Crops and Products*, 90, 1-8.
- Meor Hussin, A., Mohamad Said, N., Che Wan Sapawi, C. and Anzian, A. (2017). The properties of yogurt coconut shake and coconut shake. *Food and Applied Bioscience Journal*, 5(1), 50-68.
- Meral, I., Yener, Z., Kahraman, T. and Mert, N. (2001). Effect of *Nigella sativa* on glucose concentration, lipid peroxidation, anti-oxidant defence system and liver damage in experimentally-induced diabetic rabbits. *J Vet Med A*, 48, 593-599.
- Mohamed, A., Shoker, A., Bendjelloul, F. et al. (2003). Improvement of experimental allergic encephalomyelitis (EAE) by thymoquinone; an oxidative stress inhibitor. *Biomed Sci Instrum*, 39, 440-445.
- Mohammed, N.K., Meor Hussin, A.S., Tan, C.P., Abdul Manap, M.Y. and Alhelli, A.M. (2018). Quality changes of microencapsulated *Nigella sativa* oil upon accelerated storage. *International Journal of Food Properties*, 20, S2395–S2408. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1371189>.
- Mollazadeh, H. and Hosseinzadeh, H. (2014). The protective effect of *Nigella sativa* against liver injury: a review. *Iran Journal of Basic Medical Science*, 17(12), 958-66.

- Muhammad, T.S., Masood, S.B., Faqir, M.A., Amer, J., Saeed, A. and Muhammad, N. (2009). Nutritional Profile of indigenous cultivar of black cumin seeds and antioxidant potential of its fixed and essential oil. *Pak. J. Bot*, 41(3), 1321-1330.
- Nameer, K.M., Chin Ping, T., Mohd Yazid, A.M., Belal, J.M. and Anis, S.M.H. (2019). Production of Functional Non-dairy Creamer using *Nigella sativa* oil Via Fluidized Bed Coating Technology. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1352-1365
- Nazari, A., Zarringhalami, S. and Asghari, B. (2023). Influence of germinated black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds extract on the physicochemical. antioxidant. antidiabetic. and sensory properties of yogurt. *Food Biosci*, 53, 102437.
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S. and Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1, 1806-1815.
- Nergiz, C. and Ötles, S. (1993). Chemical composition of *Nigella sativa* L. Seeds. *Food Chemistry*, 48, 259-261.
- Odeh, F., Ismail, S.I., Abu-Dahab, R., Mahmoud, I.S. and Al Bawab, A. (2012). Thymoquinone in liposomes: a study of loading efficiency and biological activity towards breast cancer. *Drug Delivery*, 19(8), 371-7.
- Onwulata, C. (2005). Encapsulated and Powdered Foods. CRC Press. Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW.
- Ozer, B., Kirmaci, H.A., Oztekin, S., Hayaloglu, A. and Atamer, M. (2007). Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *International Dairy Journal*, 17(3), 199-207.
- Özdemir, N. (2019). Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) uçucu yağının püskürterek kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyonu ve model üründe uygulanması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Padhye, S., Banerjee, S., Ahmad, A., Mohammad, R. ve Sarkar, F.H. (2008). From here to eternity the secret of Pharaohs: therapeutic potential of black cumin seeds and beyond. *Cancer Ther*, 6, 495-510.
- Pari, L. and Sankaranarayanan, C. (2009). Beneficial effects of thymoquinone on hepatic key enzymes in streptozotocin-nicotinamide induced diabetic rats. *Life Sciences*, 85(23-26), 830-4.
- Pawar, D.S. Surwase, R.K., Bhamare, S. and Pagar, S.P. (2020). Fluidized Bed Granulation: A Promising Technique. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 64(2), 22, 133-140. doi: <http://dx.doi.org/10.47583/ijpsrr.2020.v64i02.022>.
- Peker, H. (2012). Keçiboynuzu gamı kullanılarak az yağlı yoğurt ve zeytin yaprağı ekstraktı kullanılarak fonksiyonel meyveli yoğurt üretimlerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Pellicer, J. A., Fortea, M. I., Trabal, J., Rodríguez-López M. I., Carazo-Díaz, C., Gabaldón, J. A. and Núñez-Delicado, E. (2018). Optimization of The Microencapsulation of Synthetic Strawberry Flavour with Different Blends of Encapsulating Agents Using Spray Drying. *Powder Technology*, 338, 591–598.

- Peng, L., Liu, A., Shen, Y., Xu, H.Z., Yang, S.Z., Ying, X.Z. et al. (2013). Antitumor and anti-angiogenesis effects of thymoquinone on osteosarcoma through the NF-KB pathway. *Oncol. Rep*, 29(2), 571-578.
- Piras, A., Rosa, A., Marongiu, B., Porcedda, S., Falconieri, D., Dessi, M.A. et al. (2013). Chemical composition and in vitro bioactivity of the volatile and fixed oils of *Nigella sativa* L. extracted by supercritical carbon dioxide. *Industrial Crops and Products*, 46, 317-323.
- Poshadri, A. and Kuna, A. (2010). Microencapsulation technology: A review. *The Journal of Research Angra*, 38(1), 86-102p.
- Quek, S.Y., Chok, N.K. and Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46, 386-392.
- Racoma, I.O., Meisen, W.H., Wang, Q.E., Kaur, B. ve Wani, A.A. (2013). Thymoquinone inhibits autophagy and induces cathepsin-mediated. Caspaseindependent cell death in glioblastoma cells. *PLoS One*, 8(9), e72882.
- Ragaa, H.M.S. (2010). Clinical and Therapeutic Trials of *Nigella Sativa*. *TAF Prev Med Bull*, 9(5), 513-522.
- Ragheb, A., Elbarbry, F., Prasad, K., Mohamed, A., Ahmed, M.S. (2008). Shoker A. Attenuation of the development of hypercholesterolemic atherosclerosis by thymoquinone. *Int J Angiol*, 17(4), 186-192.
- Ré I, M. (1998). Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, 16(6), 1195-1236.
- Reque, P.M. and Brandelli, A. (2021). Encapsulation of Probiotics and Nutraceuticals: Applications in Functional Food Industry. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 114, 1-10.
- Rezazadeh-Bari, M., Najafi-Darmian, Y., Alizadeh, M. and Amiri, S. (2019). Numerical optimization of probiotic Ayrar production based on wheycontaining transglutaminase and Aloe vera gel. *J Food Sci Technol*, 56(7), 3502-3512.
- Rifaioğlu, M.M., Nacar, A., Yuksel, R., Yonden, Z., Karcioğlu, M., Zorba, O.U. et al. (2013). Antioxidative and anti-inflammatory effect of thymoquinone in an acute *Pseudomonas prostatitis* rat model. *Urologia Internationalis*, 91(4), 474-81.
- Robert, P., Gorena, T., Romero, N., Sepulveda, E., Chavez, J. ve Saenz, C. (2010). Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 45, 7. 1386-1394.
- Sah, B.N.P., Vasiljevic, T., McKechnie, S. and Donkor, O. (2016). Physicochemical. textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 978-986.
- Salama, R.H.M. (2010). Clinical and Therapeutic Trials of *Nigella sativa*. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 9(5), 513-522.
- Salem, M.L. (2005). Immunomodulatory and therapeutic properties of the *Nigella sativa* L. seed. *International Immunopharmacology*, 5(13-14), 1749- 70.
- Salem, M.L., Hossain, M.S. (2000). Protective effect of black seed oil from *Nigella sativa* against murine cytomegalovirus infection. *Int J Immunopharmacol*, 22(9), 729-740.
- Salim, E.I. and Fukushima, S. (2003). Chemopreventive potential of volatile oil from black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds against rat colon carcinogenesis. *Nutrition and Cancer*, 45(2), 195-202.

- Salomi, M.J., Nair, S.C. and Panikkar, K.R. (1991). Inhibitory effects of *Nigella sativa* and saffron (*Crocus sativus*) on chemical carcinogenesis in mice. *Nutr. Cancer*, 16(1), 67-72.
- Sanchez, C., Renard, D., Robert, P., Schmitt, C. and Lefebvre, J. (2002). Structure and rheological properties of acacia gum dispersions. *Food Hydrocolloids*, 16(3), 257-267.
- Sankaranarayanan, C. and Pari, L. (2011). Thymoquinone ameliorates chemical induced oxidative stress and β -cell damage in experimental hyperglycemic rats. *Chem. Biol. Interact.*, 190(2-3), 148-154.
- Sawale, P.D., Patil, G.R., Hussain, S.A., Singh, A K. and Singh, R.R.B. (2017) . Effect of incorporation of encapsulated and free Arjuna herb on storage stability of chocolate vanilla dairy drink. *Food Bioscience*, 19, 142-148.
- Sayed, M.M., Hassanein, K.M. and Senosy. W. (2004). Protective effects of thymoquinone and L-cysteine on cadmium-induced reproductive toxicity in rats. *Tox Report*, 1, 612-620.
- Sayed-Ahmed, M.M. and Nagi. M.N. (2007). Thymoquinone supplementation prevents the development of gentamicin-induced acute renal toxicity in rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, 34(5-6), 399-405.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L. ve Leblebici, E. (2000). Tohumlu Bitkiler Sistematiği. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi. İzmir. 116.
- Šeregelić, V., Tumbas Šaponjac, V., Lević, S., Kalušević, A., Četković, G., Čanadanović Brunet, J., Nedović, V., Stajčić, S., Vulić, J. and Vidaković, A. (2019). Application of encapsulated natural bioactive compounds from red pepper waste in yogurt. *Journal of Microencapsulation*, 36(8), 704-714.
- Seyrekoglu, F. (2021). Bazı kantaron ekstraktlarının enkapsülasyon tekniği ile ayran üretiminde kullanılması. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 232s.
- Shafiq, H., Ahmad, A., Masud, T. and Kalem. M. (2014). Cardio-protective and anti-cancer therapeutic potential of *Nigella sativa*. *Iran Journal of Basic Medical Science*, 17(12), 967-79.
- Shahidi, F. and Hani, X.Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33, 501-547.
- Shakeri, F., Gholamnezhad, Z., Megarbane, B., Rezaee, R. and Boskabady, M.H. (2016). Gastrointestinal effects of *Nigella sativa* and its main constituent. thymoquinone: a review. *Avicenna J Phytomed*, 6-1, 9-20.
- Sheehy, P.J. and Morrissey, P.A. (1998). Functional foods: prospects and perspectives. *Nutritional Aspects of Food Processing and Ingredients*, 45-65.
- Sheu, T.-Y., Rosenberg, M. (1998). Microstructure of microcapsules consisting of whey proteins and carbohydrates. *Journal of Food Science*, 63, 491–494.
- Sicker, D., Zeller, K.P., Siehl, H.U. and Berger, S. (2019). Natural Products: Isolation. Structure Elucidation. *History. John Wiley and Sons*, 71-85.
- Singh, A., Ahmad, I., Akhter, S., Ahmad, M.Z.I., Khan, Z.J., Ahmad, F. (2018). Thymoquinone: major molecular target. prominent pharmacological action and drug delivery concern. *Current Bioactive Compounds*, 8(4), 334-344.

- Singh, A., Ahmad, I., Akhter, S., Jain, G.K., Iqbal, Z. (2013). Talegaonkar S vd. Nanocarrier based formulation of thymoquinone improves oral delivery: stability assessment. in vitro and in vivo studies. *Colloids and Surfaces: B Biointerfaces*, 102, 822-32.
- Singh, G., Marimuthu, P., Heluani, C.S. (2005). Chemical constituents and antimicrobial and antioxidant potentials of essential oil and acetone extract of *Nigella sativa* seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2297-2306.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16, 3, 144-158.
- Sultan, M.T., Butt, M.S., Anjum, F.M., Jamil, A., Akhtar, S. and Nasir, M. (2009). Nutritional Profile of Indigenous Cultivar of Black Cumin Seeds and Antioxidant Potential of Its Fixed and Essential Oil. *Pakistan Journal of Botanic*, 4, 1321-1330.
- Surekha, R. and Sumathi, T. (2016). An efficient encapsulation of thymoquinone using solid lipid nanoparticle for brain targeted drug delivery: physicochemical characterization. pharmacokinetics and bio-distribution studies. *I J P C Res*, 8(12), 1616-1624.
- Szulc, K. and Lenart, A. (2013). Surface modification of dairy powders: Effects of fluid-bed agglomeration and coating. *International Dairy Journal*, 33(1), 55-61. doi:10.1016/j.idairyj.2013.05.021
- Şeker, P. (2008). Kısa ve uzun ömürlü ayranlarda potasyum sorbat uygulamasının kaliteye etkisi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni Ve Teknolojisi Bölümü, Elazığ, 148s.
- Şener, A. (2009). Serbest ve mikroenkapsüle probiyotik bakterilerin ticari dondurma üretiminde kullanılabilirliği üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tamjidi, F., Nasirpour, A. and Shahedi, M. (2012). Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food Science and Technology International*, 18(4), 381-390.
- Tamuçay Özünlü, B.. (2005). Ayran kalitesinde etkili bazı parametreler üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara.
- Tan, M.C., Tan, C.P, Ho C.W. (2013). Effects of extraction solvent system,time and temperature on total phenolic content of henna(*Lawsonia inermis*) stems. *Int Food Res J*, 20, 3117-3123.
- Tan, P.Y., Tan, T.B., Chang, H.W., Tey, B.T., Chan, E.S., Lai, O.M., Baharin, B.S., Nehdi, I.A. and Tan, C.P. (2018). Effects of storage and yogurt matrix on the stability of tocotrienols encapsulated in chitosan-alginate microcapsules. *Food Chemistry*, 241, 79-85.
- Tanker, N., Koyuncu, M., ve Coskun, M. (2007). Farmasötik Botanik Ders Kitabı. *Ankara Üniv. Ecz Fak Yayınları*, 324.
- Tarakçı, Z., Küçüköner, E. (2003). Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of some fruit-flavored yoghurt. *YYÜ Vet. Fak. Derg*, 14, 2, 10-14.
- Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akkaya, Z. (2009). Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *Gıda*, 34 (3), 175-182.

- Tekeoglu, I., Dogan, A., Ediz, L., Budancamanak, M., Demirel, A. (2007). Effects of thymoquinone (volatile oil of black cumin) on rheumatoid arthritis in rat models. *Phytother Res*, 21, 895-897.
- Temen, Y. (2018). Kinoa unu ilaveli ayran üretimi ve bazı özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 79 s.
- Tikhonova, I.N., Popov, A.M., Tikhonov, N.V. and Tikhonov, V.V. (2014). Harnessing the capabilities of spray granulation in the food industry for the production of functional foods. *Procedia Chemistry*, 10, 419 – 423.
- Uras, Ş.S., Silahtaroglu, S., İlçim, A., Kökdil, A.G. (2010). Fatty Acid. tocopherol. mineral composition. total phenolic. flavonoid. thymoquinone content. and antioxidant activity of *Nigella Sativa* L. *J. Fac. Pharm*, 39 (3), 173-18.
- Uz, E., Uz, B., Selcoki, Y., Reyhan, B., Kaya, A., Faruk, T.H. et al (2008). Cardioprotective effects of *Nigella sativa* oil on cyclosporine A-induced cardiotoxicity in rats. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 103(6), 574-80.
- Üstün, G., Türkay, S. and Karaali, A. (1998). *Nigella sativa* seeds: A potential source for oil and Oleochemicals. In *Advances in Oils and Fats. Antioxidants. and Oilseed By-Products. Volume 2 in the Proceedings of the World Conference on Oilseed and Edible Oils Processing. AOCS Press. USA.*
- Werner, S.R., Jones, J.R., Paterson, A.H., Archer, R.H. and Pearce, D.L. (2007). Air-suspension particle coating in the food industry: Part I—State of the art. *Powder Technology*, 171(1), 25-33.
- Wilkes, J.G., Conte, E.D., Kim, Y., Holcomb, M., Sutherland, J.B. and Miller, D.W. (2000). Sample preparation for the analysis of flavors and off-flavors in foods. *Journal of Chromatography A*, 880, 3–33.
- Worthen, D.R., Ghosheh, O.A. and Crooks, P.A. (1998). The in vitro anti-tumor activity of some crude and purified components of blackseed. *Nigella sativa* L. *Anticancer Res.*, 18, 1527-32.
- Yağcıoğlu, P. (2015). Farklı ekstraksiyon metotları ile adaçayı (*Salvia Officinalis* L.) bitkisinden antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.

EKLER

EK 1 DUYUSAL ANALİZ FORMU

Panelistin Adı Soyadı:					Panel Tarihi:					
Duyusal Nitelikler	Örnek No									
	125	238	357	205	420	535	615	714	846	875
Görünüm										
Renk										
Kıvam										
Koku										
Tat- Aroma										
Genel Beğeni Düzeyi										
Böyle bir ürünü satın alma ihtimali										

Beğeni İle İlgili Puan Skalası			
Mükemmel	9	Ortanın altı kötünün üstü	4
Çok İyi	8	Kötü	3
İyi	7	Çok kötü	2
Ortanın üstü	6	Aşırı kötü	1
Orta	5		

Satın Alma ile İlgili Puan Skalası	
Kesinlikle alırdım	1
Belki alırdım	2
Kesinlikle almazdım	3

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Serkan ÖMÜR

ORCID No: 0009-0004-1010-0651

Eğitim Durumu

Lise: Çorum Fen Lisesi (2002)

Lisans: Ankara Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi. Gıda Mühendisliği Bölümü (2006)

Yüksek Lisans: Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2012)

Yayınlar

Ömür. S., Yazıcı. F.. “Farklı Ekstraksiyon Koşullarının Çörek Otunun (*Nigella sativa* L.) Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi”. 3rd International Congress on Scientific Advances (ICONSAD’23). 20-23 Dec. 2023 (sözlü).

Ömür. S., Yazıcı. F.. “Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Ekstraktının Püskürtmeli Kurutma Koşullarının Optimizasyonu”. 3rd International Congress on Scientific Advances (ICONSAD’23). 20-23 Dec. 2023 (sözlü).