



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



ÜZÜM ÇEKİRDEĞİ YAĞININ MİKROENKAPSÜLASYONU VE TÜRK KAHVESİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

Cennet ARSLAN TUNCER

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Adı

İzmir
2024

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**ÜZÜM ÇEKİRDEĞİ YAĞININ
MİKROENKAPSÜLASYONU VE TÜRK
KAHVESİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

Cennet ARSLAN TUNCER

Danışman: Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

İzmir
2024

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Üzüm çekirdeği yağının mikroenkapsülasyonu ve Türk kahvesinde kullanımının araştırılması**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

25/01/2024

Cennet ARSLAN TUNCER

ÖZET

ÜZÜM ÇEKİRDEĞİ YAĞININ MİKROENKAPSÜLASYONU VE TÜRK KAHVESİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

ARSLAN TUNCER, Cennet

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK

25 Ocak 2024, 150 sayfa

Gıdalarda antioksidan, antienflamatuvar, antidiyabetik, antikanser, antiviral ve antitümör aktiviteye sahip birçok doğal biyoaktif bileşik bulunmaktadır. Biyoaktif bileşiklere bu sağlık faydalarından kaynaklı olarak son yıllarda ilgi artmıştır. Üzüm çekirdeği yağı proantosiyanidinler, kateşin, tokoferoller gibi birçok bileşimi yapısında barındırmaktadır. Ancak bu biyoaktif bileşenler gıda işleme, depolama ve insan sindirim sisteminde karşılaştıkları olumsuzluklar nedeniyle stabilitelerini koruyamamaktadır. Mikroenkapsülasyon bu biyoaktif bileşiklerin işleme, saklama ve gastrointestinal sistem koşullarında bozunmadan korunması için kapsüllendiği süreçtir. Bu amaçla, üzüm çekirdeği yağı kompleks koaservasyon tekniğiyle jelatin ve Arap zamkıyla mikroenkapsüle edilmiş ve bu mikrokapsüller liyofilizasyon tekniği ile kurutulmuştur. Hazırlanan mikrokapsüllerin kapsülasyon verimi (%), yağ salım oranı (%), toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite değeri, toplam flavonoid madde miktarı, renk, Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi (FTIR) spektrumu, taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü, termogravimetrik analizle termal stabiliteleri incelenmiştir. Üretici firmadan temin edilen az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvesinde nem tayini, renk tayini, karbonhidrat oranı, protein oranı incelenmiş ve pişirilen Türk kahvelerine farklı konsantrasyonlarda mikroenkapsüle üzüm çekirdeği yağı ilave edilmiş ve esmerleşme yoğunluğu, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid içeriği, antioksidan aktivite değeri, biyojen amin içeriği incelenmiştir ve duyusal analiz yapılmıştır. Kahvelere eklenen üzüm çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin kütlesi arttıkça toplam fenolik madde miktarı ve flavonoid madde miktarında artış, biyojen amin miktarında azalma gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmayla mikrokapsülasyonla üzüm çekirdeği yağındaki biyoaktif bileşiklerin korunduğu tespit edilmiştir. Pişirilen Türk kahvesine mikroenkapsüle

üzüm çekirdeği yağı ilavesiyle Türk kahvesinin fonksiyonelliğinin artırıldığı tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Üzüm çekirdeği yağı, biyoaktif bileşikler, mikroenkapsülasyon, Türk kahvesi.



ABSTRACT**MICROENCAPSULATION OF GRAPE SEED OIL AND
INVESTIGATION OF ITS USE IN TURKISH COFFEE**

ARSLAN TUNCER, CENNET

MSc in Food Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK

25 January 2024, 150 pages

There are many natural bioactive compounds in foods that have antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, anticancer, antiviral and antitumor activities. Interest in bioactive compounds has increased in recent years due to these health benefits. Grape seed oil contains many compounds such as proanthocyanidins, catechin and tocopherols. However, these bioactive components can not maintain their stability due to the negativities they encounter in food processing, storage and the human digestive system. Microencapsulation is the process by which these bioactive compounds are encapsulated to protect them from degradation under processing, storage and gastrointestinal tract conditions. For this purpose, grape seed oil was microencapsulated with gelatin and gum Arabic by complex coacervation technique, and these microcapsules were dried by lyophilization technique. Encapsulation efficiency of the prepared microcapsules (%), oil release rate (%), total phenolic substance amount, antioxidant activity value, total flavonoid substance amount, color, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) spectrum, scanning electron microscope (SEM) image, thermal stability was examined by thermogravimetric analysis. Moisture determination, color determination, carbohydrate ratio, protein ratio were examined in lightly, medium and heavily roasted Turkish coffees supplied from the manufacturer, microencapsulated grape seed oil at different concentrations were added to the cooked Turkish coffees and browning intensity, total phenolic substance amount, total flavonoid content, antioxidant activity value and biogenic amine content were examined and sensory analysis was made. As the mass of grape seed oil microcapsules added to coffee increased, an increase in the amount of total

phenolic substances and flavonoid substances and a decrease in the amount of biogenic amines were observed. With this study, it was determined that the bioactive compounds in grape seed oil were protected by microencapsulation. It has been determined that the functionality of Turkish coffee is increased by adding microencapsulated grape seed oil to cooked Turkish coffee.

Keywords: Grape seed oil, bioactive compounds, microencapsulation, Turkish coffee



ÖNSÖZ

Biyoaktif bileşikleri içeren üzüm çekirdeği yağı kompleks koaservasyon tekniği ile jelatin ve Arap zıncı duvar materyalleriyle mikroenkapsüle edilmiş ve mikroenkapsüller Türk kahvelerine belli oranlarda katılarak Türk kahveleri pişirilmiştir. Mikroenkapsülasyonla gıda işleme, depolama ve gastrointestinal sistemde kayba uğrayan ve sağlık açısından önem teşkil eden biyoaktif bileşikler korunmaktadır. Bu çalışmada mikroenkapsüller Türk kahvesine ilave edilerek bu bileşiklerin kayba uğramadan insan vücuduna alımının sağlanması amaçlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında üzüm çekirdeği yağı mikroenkapsüle edilmiş, mikroenkapsülasyon verimi, yağ salım oranı (%), toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, antioksidan aktivite değeri, renk tayini, Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi spektrumu (FTIR), taramalı elektron mikroskopu görüntüleme (SEM), termogravimetrik analizle termal stabilite tayini yapılmıştır. İkinci aşamada üretici firmadan temin edilen az, orta ve çok kavrulmuş Türk kahvelerinde renk analizi, nem, protein ve karbonhidrat tayini analizleri yapılmıştır. Hazırlanan mikroenkapsüller kütlece %20, %30 ve %35 oranında az, orta ve çok kavrulmuş Türk kahvesine ilave edilerek, Türk kahveleri pişirilmiştir. Pişirilen Türk kahvelerinde esmerleşme yoğunluğu, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, antioksidan aktivite değeri, HPLC ile Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşenlerin tayini, biyojen amin tayini analizleri ve duyusal analiz yapılmıştır. Bu çalışma ile mikroenkapsüle edilen üzüm çekirdeği yağının içerdiği biyoaktif bileşiklerin gıdaya aktarımıyla ilgili literatüre özgün ve önemli sonuçlara sahip bir çalışma kazandırılmıştır.

Tez çalışma sürem boyunca desteğini ve yardımını esirmeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK'a, gerekli maddi desteği sağlayan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri koordinasyon birimine (Proje no: 24072) teşekkürlerimi sunarım.

İZMİR

25 /01/2024

Cennet ARSLAN TUNCER



İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇ KAPAK.....	ii
KABUL ONAY SAYFASI.....	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Biyoaktif Bileşik ve Fonksiyonel Gıda	3
2.1.1. Biyoaktif bileşiklerin sınıflandırılması.....	3
2.1.1.1. Fenolik bileşikler.....	4
2.1.1.2. Fenolik asitler	4
2.1.1.3. Flavonoidler	4
2.1.1.4. Antosiyaninler.....	5
2.1.1.5. Flavonlar	6
2.1.1.6. Flavononlar	6
2.1.1.7. Flavanoller	6
2.1.1.8. Stilbenler ve lignanlar	6
2.1.1.9. Tanenler	6
2.1.1.10. Karotenoidler	7
2.1.2. Biyoaktif bileşiklerin stabiliteleleri	7
2.1.3. Biyoaktif bileşiklerin sağlık etkileri.....	8
2.2. Üzüm ve Üzüm Çekirdeği Yağı	9
2.3. Kahve	11
2.3.1. Kahve kavurma işlemi.....	13
2.3.2. Kahve çekirdeklerinin öğütülmesi	14
2.3.3. Kahvenin demlenmesi	14
2.3.4. Türk kahvesi	15
2.3.5. Kahvedeki biyoaktif bileşikler.....	15
2.3.6. Kahvenin insan sağlığına olumlu ve olumsuz etkileri	19

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.4. Mikroenkapsülasyon	20
2.4.1. Mikroenkapsülasyon teknolojisinin kullanım amacı	22
2.4.2. Mikroenkapsülasyonda kullanılan kaplama materyallerinin özellikleri	23
2.4.3. Enkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri	25
2.4.3.1. Arap zankı	25
2.4.3.2. Karragenan	26
2.4.3.3. Guar zankı	26
2.4.3.4. Aljinat	27
2.4.4. Mikroenkapsülasyonda kullanılan teknikler	28
2.4.4.1. Püskürterek kurutma	28
2.4.4.2. Liyofilizasyon (Dondurarak kurutma)	29
2.4.4.3. Akışkan yatak kaplama	30
2.4.4.4. Ekstrüzyon	32
2.4.4.5. Lipozom kaplama	33
2.4.4.6. Koaservasyon	34
2.4.4.7. Emülsifikasyon	36
2.4.4.8. İyonik jelasyon	37
2.4.5. Biyoaktif bileşiklerin mikroenkapsülasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar	38
2.4.6. Mikroenkapsülasyonu yapılan biyoaktif bileşiklerin gıdalara eklenmesiyle ilgili yapılan çalışmalar	40
3. MATERYAL VE YÖNTEM	44
3.1. Materyal	44
3.1.1. Kullanılan kimyasal maddeler ve örnekler	44
3.1.2. Kullanılan cihazlar	45
3.2. Yöntem	47
3.2.1. Üzüm çekirdeği yağı içeren mikrokapsüllerin hazırlanması	47
3.2.2. Üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisinin çizilmesi	49
3.2.3. Kapsülasyon veriminin hesaplanması	50
3.2.4. Yağ salımı	50
3.2.5. Mikrokapsüllerin antioksidan aktivitesinin belirlenmesi	51
3.2.6. Mikrokapsüllerin fenolik madde miktarının belirlenmesi	51

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.2.7. Mikrokapsüllerin flavonoid miktar analizi.....	52
3.2.8. Mikrokapsüllerin renk analizi.....	53
3.2.9. Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	54
3.2.10. Taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (SEM)	54
3.2.11. Termogravimetrik analiz	54
3.2.12. Türk kahvesinde yapılan analizler	55
3.2.12.1. Nem tayini	55
3.2.12.2. Protein miktarı tayini.....	55
3.2.12.3. Karbonhidrat tayini	56
3.2.12.4. Renk tayini	57
3.2.13. Türk kahvesinin pişirilmesi	57
3.2.14. Pişirilmiş Türk kahvesinde gerçekleştirilecek analizler	58
3.2.14.1. Esmerleşme yoğunluğu	58
3.2.14.2. Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi.....	58
3.2.14.3. Toplam flavonoid madde içeriğinin belirlenmesi	59
3.2.14.4. Antioksidan madde içeriğinin belirlenmesi.....	59
3.2.14.4.1. DPPH radikal süpürme yöntemi.....	59
3.2.14.4.2. FRAP radikal süpürme yöntemi.....	60
3.2.14.5. HPLC ile Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşiklerin tayini	61
3.2.14.6. HPLC ile Türk kahvesinde biyogen aminlerin tayini	64
3.2.14.7. Duyusal analiz.....	67
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	69
4.1. Üzüm Çekirdeği Yağı UV Spektrumunun İncelenmesi.....	69
4.2. Üzüm Çekirdeği Yağı Kalibrasyon Eğrisinin Çizilmesi	69
4.3. Mikrokapsüllerde Gerçekleştirilen Analizler	70
4.3.1. Kapsülasyon verimi.....	70
4.3.2. Yağ salımı.....	72
4.3.3. Mikrokapsüllerin antioksidan aktivitesi, fenolik aktivitesi, flavonid madde miktarı.....	73

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.3.4. Mikrokapsüllerde renk analizi	77
4.3.5. Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	78
4.3.6. Taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (SEM)	80
4.3.7. Termogravimetrik analiz.....	82
4.4. Türk Kahvesinde Yapılan Analizler	84
4.4.1. Türk kahvesinde nem, protein ve toplam şeker tayini	84
4.4.2. Renk tayini	86
4.5. Türk Kahvesinin Pişirilmesi.....	88
4.6. Pişirilmiş Türk kahvesinde Yapılan Analizler	88
4.6.1. Esmerleşme yoğunluğu	88
4.6.2. Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi, toplam flavonoid madde içeriğinin belirlenmesi, antioksidan madde içeriğinin belirlenmesi (DPPH, FRAP yöntemi)	89
4.6.3. HPLC ile Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşiklerin tayini	97
4.6.4. HPLC ile Türk kahvesinde biyojen aminlerin tayini	101
4.6.5. Duyusal analiz.....	109
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	113
KAYNAKLAR DİZİNİ	116
TEŞEKKÜR.....	148
ÖZGEÇMİŞ	149
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Biyoaktif bileşiklerin sınıflandırılması.....	5
2.2. İnsan sindirim sisteminde biyoaktif bileşiklerin karşılaştığı olumsuz koşullar	7
2.3. Biyoaktif bileşiklerin kapsül morfolojisi.....	22
2.4. Hidrofilik ve hidrofobik çekirdeğin mikroenkapsülasyonu.....	28
2.5. Püskürterek kurutma yöntemi	29
2.6. Akışkan yatak kaplama yöntemi	30
2.7. Ekstrüzyon yönteminde kullanılan damlatma araçları.....	33
2.8. Lipozomun oluşumu	34
2.9. Kompleks koaservasyon tekniği	36
2.10. İyonik jelasyon tekniği.....	37
3.1. Üzüm çekirdeği yağı mikroenkapsülasyonu akış şeması.....	48
3.2. Üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisi.....	49
3.3. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	52
3.4. Kateşin kalibrasyon eğrisi	53
3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>sayfa</u>
3.6. Kateşin kalibrasyon eğrisi.....	59
3.7. Demir (II) sülfat hepta hidrat kalibrasyon eğrisi.....	61
3.8. Kafein kalibrasyon eğrisi.....	62
3.9. Klorojenik asit kalibrasyon eğrisi	63
3.10. Sinapik asit kalibrasyon eğrisi	63
3.11. Kafeik asit kalibrasyon eğrisi.....	64
4.1. Üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisi	70
4.2. Mikroenkapsülasyonu yapılmış üzüm çekirdeği yağının kurutmadan önceki hali.....	70
4.3. Salım oranı grafiği.....	72
4.4. Kurutulmuş mikrokapsüller	77
4.5. Mikrokapsüle ait FTIR spektrumu.....	78
4.6. Arap zambına ait FTIR spektrumu.....	79
4.7. Jelatine ait FTIR spektrumu.....	79
4.8. Üzüm çekirdeği yağına ait FTIR spektrumu	79
4.9. Örneklerle ait FTIR spektrumu	79
4.10. Mikrokapsüllerin SEM’ de elde edilen görüntüleri	81
4.11. Mikrokapsüle ait SDT eğrisi	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>sayfa</u>
4.12. Arap zımkına ait SDT eğrisi	82
4.13. Jelatine ait SDT eğrisi	83
4.14. Üzüm çekirdeğine ait SDT eğrisi	83
4.15. HPLC' de elde edilen 324 nm'deki karışık standartlara ait kromatogram ..	97
4.16. HPLC' de elde edilen 280 nm'deki kafeine ait kromatogram.....	97
4.17. HPLC' de elde edilen az kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram (324 nm).....	97
4.18. HPLC' de biyojen amin standart karışımlarına ait kromatogram.....	102
4.19. Biyojen amin tayininde HPLC'de elde edilen orta kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram.....	102
4.20. Duyusal analiz grafiğı	110

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Enkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri.....	24
2.2. Biyoaktif bileşiklerin mikroenkapsülasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar	40
3.1. Çalışmamızda kullanılan cihazlar	45
3.2. Üzüm çekirdeği yağı mikroenkapsüllerinde yapılan analizler	46
3.3. Türk kahvesinde yapılan analizler.....	46
3.4. Pişirilmiş Türk kahvesinde yapılan analizler.....	47
3.5. Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşik tayininde HPLC'de kullanılan gradient program	62
3.6. Türk kahvesinde biyojen amin analizinde HPLC'de kullanılan gradient program	65
3.7. Duyusal analizde kullanılan puanlama testi	68
4.1. Mikroenkapsülasyon verimi	70
4.2. Mikroenkapsüllerin antioksidan aktivitesi, fenolik aktivitesi, flavonoid madde miktarı	74
4.3. Mikroenkapsüllerin renk analizi sonuçları.....	77
4.4. Türk kahvesinde yapılan analizler	84
4.5. Türk kahvesi renk tayini sonuçları	86
4.6. Esmerleşme yoğunluğu sonuçları	89

TABLÖLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.7. Türk kahvesinde toplam fenolik madde, flavonoid madde ve antioksidan aktivite tayini sonuçları.....	90
4.8. HPLC ile ölçülen Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşikler	98
4.9. HPLC ile ölçülen Türk kahvesinde biyojen aminler.....	103
4.10. Duyusal analiz sonuçları	109

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
FOSHU Yönelik Gıda)	Foods for Specified Health Use (Belirli Sağlık Kullanımına)
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
ROS	Reaktif oksijen türleri
ICO Organizasyonu)	International Coffee Organisation (Uluslararası Kahve)
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FRAP	Demir (III) iyonu indirgeyici antioksidan aktivite yöntemi
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
FTIR	Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
TE	Troloks eşdeğeri
QE	Quersetin eşdeğeri
KE	Kateşin eşdeğeri
AK	Az kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu
%20MA	Kütlece %20 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi
%30MA	Kütlece %30 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi
%35MA	Kütlece %35 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
OK	Orta kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu
%20MO	Kütlece %20 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi
%30MO	Kütlece %30 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi
%35MO	Kütlece %35 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi
ÇK	Çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu
%20MÇ	Kütlece %20 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi
%30MÇ	Kütlece %30 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi
%35MÇ	Kütlece %35 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi
AKY	Türk kahvesine doğrudan üzüm çekirdeği yağı ilave edilerek pişirilen az kavrulmuş kahve
OKY	Türk kahvesine doğrudan üzüm çekirdeği yağı ilave edilerek pişirilen orta kavrulmuş kahve
ÇKY	Türk kahvesine doğrudan üzüm çekirdeği yağı ilave edilerek pişirilen çok kavrulmuş kahve

1. GİRİŞ

Gıda kaynaklı biyoaktif bileşikler antimikrobiyal, antiviral ve antikanser, antienflamatuvar özelliklere sahiptir (Dixit et al., 2023). Ancak bu bileşikler işleme ve depolama sırasında ışık, ısı, düşük pH ve oksijen gibi çevresel uyaranlara karşı oldukça hassastır (Chai et al., 2018).

Üzüm çekirdeği yağı birçok biyoaktif bileşiği yapısında barındırmaktadır (Gitea et al., 2023). Üzüm çekirdeği yağı fitosteroller, tanenler, kuersetin-3-glukroniti, tokoferoller, tokotrienoller, proantosyanidinler, flavonoidler, resveratrol, fenolik asitler ve karotenoidler içermektedir. Bu bileşikler sayesinde antioksidan aktivite göstermektedir. İçeriğinde en fazla bulunan fenolik bileşik kateşindir (Çalık, 2017; Sevindik ve Selli, 2016; Bekar, 2017). Üzümün içerdiği resveratrol kalp hastalıklarına karşı koruyucu etki göstermektedir. E vitamini antioksidan etki göstererek kanser riskini azaltmakta, kalp ve damar rahatsızlıklarını önlemektedir (Koç, 2016). Üzümden elde edilen ekstraktlar içerdiği fenolik maddelerden kaynaklı anti-kanser etki göstermektedir (Kumar et al., 2018).

Kahve klorojenik asitler, diterpen alkoller, kahveolflavonoidler, metilksantinler, melanoidinler ve tokofoller yapısında barındırmaktadır (de Mejia and Ramirez-Mares, 2014). Kahvedeki en önemli biyoaktif bileşikler kafein, klorojenik asitler, kafestol, kahveol, trigonellin, potasyum ve magnezyumdur (Wu et al., 2022). Birçok biyoaktif bileşiği yapısında barındıran kahve sağlık açısından olumlu etkiler göstermektedir. Kahvenin içeriğindeki klorojenik asitler kahvenin antioksidan ve anti-inflamatuvar aktivitelerine en çok katkı sağlayan bileşendir (Farah and Lima, 2019).

Mikrokapsülasyonda aktif bileşenin dış ortamla teması engelleyerek dışı başka bir kaplama materyali ile kaplanır (Tolve et al., 2016). Biyoaktif bileşikler ışık, ısı, oksijen ve enzimler gibi bozunmasına sebep olacak faktörlere maruz kalmaktan korumak amacıyla kapsülendir (Lee and Wong, 2014). Mikroenkapsülasyonla sıvıları katılara dönüştürülebilir, hoş olmayan duyu özellikleri maskelenebilir, gıdanın depolanması veya gastrointestinal sistemden geçişi sırasında kapsüllenmiş malzemenin kontrollü salınımı sağlanabilir, ilaçların

ve biyoaktif bileşiklerin biyoyararlanımı artırılabilir (Mourtzinou and Biliaderis, 2018).

Enkapsülasyonla izole edilmesi, koruması, yavaş salınım yapması istenen vitaminler, mineraller, enzimler, mikroorganizmalar, antioksidanlar, peptitler, polifenoller, aromalar, yağ asitleri vb. kapsüllenmektedir (Jeyakumari et al., 2016).

Yapılan çalışmada, üzüm çekirdeği yağının mikroenkapsülasyonu yapılmış ve elde edilen bu mikrokapsüller Türk kahvesine katılarak Türk kahvesinin fonksiyonelliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla üzüm çekirdeği yağı jelatin ve Arap zıncı duvar materyalleriyle, çapraz bağlayıcı olarak tannik asit kullanılarak, kompleks koaservasyon yöntemi ile mikroenkapsüle edilmiştir. Literatürde bu konuda çalışma bulunmamaktadır, bu konuda yapılan ilk çalışma olduğundan dolayı yapılan çalışma özgün bir çalışmadır. Elde edilen üzüm çekirdeği yağı mikrokapsüllerinde mikroenkapsülasyon verimi, yağ salım oranı, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, antioksidan aktivite değeri, renk tayini, Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi (FTIR) spektrumu, taramalı elektron mikroskobu görüntüleme (SEM), termogravimetrik analizle termal stabilite tayini yapılmıştır. Daha sonra az, orta ve çok kavrulmuş Türk kahvelerinde renk analizi, nem tayini, protein tayini ve karbonhidrat tayini analizleri yapılmıştır. Hazırlanan mikrokapsüller kütlece %20, %30 ve %35 oranında az, orta ve çok kavrulmuş Türk kahvesine ilave edilerek, Türk kahveleri pişirilmiştir. Pişirilen Türk kahvelerinde esmerleşme yoğunluğu, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, antioksidan aktivite değeri, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşenlerin tayini, biyojen amin tayini analizleri ve duyu analizi yapılmıştır. Mikrokapsüllerin Türk kahvesine ilavesiyle Türk kahvesinin içerdiği fenolik bileşenler artırılmış ve Türk kahvesinin fonksiyonelliği artırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Biyoaktif Bileşik ve Fonksiyonel Gıda

Beslenmede amaç metabolik fonksiyonların gerçekleşmesini sağlamaktır (El, 2016). Gıdaların yapısında besin değerleri açısından değil sağlık yararları açısından öne çıkan ikincil bileşiklere biyoaktif bileşikler denir (Daliri and Lee, 2015; Banwo et al., 2021; Luiza Koop et al., 2022). Gıdalardaki biyoaktif bileşiklerin tedavi edici olarak kullanılmaları milattan önceki dönemlere dayanmaktadır. Nitekim tıbbın babası Hipokrat “Yedikleriniz ilacınız olsun” sözüyle gıdaları sağlık açısından tedavi edici yönüyle değerlendirmektedir (Martirosyan and Pisarski, 2017). Günümüzde yaşam tarzına bağlı olarak kanser, diyabet, kalp-damar hastalığı, obezite gibi birçok hastalığın riskini azaltması sebebiyle gıda kaynaklı biyoaktif bileşenlere son yıllarda ilgi artmıştır (Oh, 2016; Luiza Koop et al., 2022). Biyoaktif bileşiklerin sağlık faydaları fonksiyonel gıda tanımını ortaya çıkarmıştır. Fonksiyonel gıda hastalıkları engellemeye ve vücudu yenilemeye katkı sağlayan gıda olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım 1980’lerin başında Japon akademik topluluğu tarafından “Foods for Specified Health Use” ifadesinin kısaltması olan FOSHU olarak tanımlanmıştır (Castillo et al., 2018).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) fonksiyonel gıdayı “Fonksiyonel gıda beslenmenin ötesinde hem sağlıkta ve refahta iyileşme hem hastalık riskini azaltma açısından insan vücudunda bir ya da daha fazla olumlu etkiler gösteren gıdadır. Fonksiyonel bir gıda, doğal bir gıda olabileceği gibi, teknolojik veya biyoteknolojik yollarla bir bileşen eklenmiş veya çıkarılmış bir gıda olabilir ve etkilerini normal olarak diyetle tüketilmesi beklenebilecek miktarlarda göstermelidir” şeklinde tanımlamaktadır (Euro Union, 2006).

2.1.1. Biyoaktif bileşiklerin sınıflandırılması

Biyoaktif bileşikler Şekil 2.1’de gösterildiği gibi fenolik bileşikler ve fenolik olmayan bileşikler olarak ikiye ayrılmakta ve meyve, sebzelerin yapısında yer almaktadır.

2.1.1.1. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler basit bir fenolik molekülden yüksek kütleli polimerlere kadar değişen molekül ağırlığına sahiptir. Flavonoidler, tanenler, stilbenler, lignanlar gibi farklı alt gruplara ayrılan yiyeceklerden elde edilen en yaygın bitki bileşenidir. Çevresel faktörler ve genler, bitkilerdeki fenolik bileşiklerin miktarlarını kontrol eder (Banwo et al., 2021). Meyve ve sebzeler fenolik bileşiklerce zengindir (Schmidt et al., 2018). Doğal olarak bitkilerin yapısında bulunan fenolik bileşikler, bir veya daha fazla hidroksil grubunun benzen halkasına bağlanmasıyla oluşur. Bitkiden bitkiye fenolik bileşik farklı miktarlarda ve farklı çeşitlerde olabilmektedir. Fenolik bileşikler bitkilerin gelişmesinde rol oynarlar (Yiğit, 2018).

2.1.1.2. Fenolik asitler

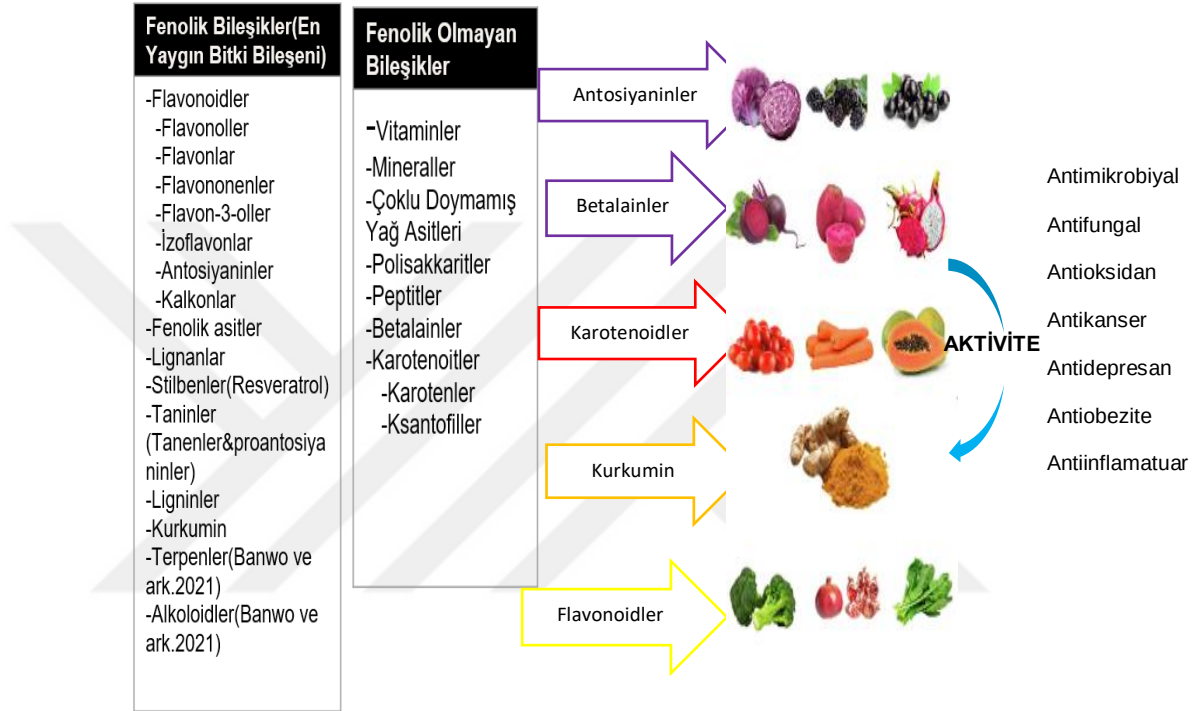
Fenolik asitler fenolik bileşiklerin üçte birini oluşturur ve hidroksisinamik asitler ve hidroksibenzoik asitler olarak sınıflandırılır. Gallik asit, p-hidroksibenzoik asit, salisilik asit, ellagik asit, gentisik asit, protokatekuik asit, siringik asit ve vanilik asit hidroksibenzoik asitlerdir. p-kumarik asit, sinamik asit, kafeik asit, ferulik asit, sinapik asitler, izoferulik asit ve p-hidroksisinamik asitler de hidroksisinamik asitler türevleridir (Rashmi and Negi., 2020).

2.1.1.3. Flavonoidler

Flavonoid latince sarı anlamına gelen “flavus” kelimesinden oluşmuştur. Flavonoidler, yapısında oksijen içeren heterosiklik bir halkayla üç karbon atomunun birbirine bağlanmasıyla oluşan fenil halkasının birbirine bağlanması sonucu oluşan 15 karbonlu bir halka yapısıdır (Taşcı, 2019). Meyve, sebzeler ve diğer gıda ürünlerinde yaygın olarak bulunur. Flavonoid antioksidan aktiviteyle, reaktif oksijen türlerinin (ROS) temizlenmesi, antioksidan enzimlerin aktivasyonu, oksidazların inhibisyonu ve alfa-tokoferil radikallerinin indirgenmesi yoluyla serbest radikallerin neden olduğu hasarı önleyebilir. Bitkilerde flavonoid bileşikleri normalde çiçeklerde, yapraklarda ve tohumda bulunur. Meyveleri ve çiçekleri renklendirerek hayvanları çekmede rol oynarlar. Otuçullar, bakteriler, mantarlar ve ultraviyole (UV) gibi bitkide strese sebep olacak faktörlere karşı bitkileri korurlar. Yapısal farklılıklara bağlı olarak, flavonoidler genellikle yedi alt

sınıfa ayrılır: flavonoller, flavonlar, izoflavonlar, antosiyanidinler, flavanonlar, flavanoller ve kalkonlar (Shen et al., 2022).

Flavonoidlerin yapısında benzen halkasına bağlı hidroksil grupları bulunmaktadır. Bundan dolayı kolayca iyonlaşırlar. Yüklü metal gruplarına bağlanıp bu grupların olumsuz etkilerini önlemek için uygun pH’da iyonlaşmaları gerekir (Tartıcı, 2020).



Şekil 2.1. Biyoaktif bileşiklerin sınıflandırılması (Luiza Koop et al., 2022)

2.1.1.4. Antosiyaninler

Flavonoid ailesinin bir parçasıdır. Antosiyanin Yunanca “anthos” (çiçek) ve “kyanos” (mavi) kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşmuştur (Yiğit, 2021). Bunlar, suda çözünür fitopigmentlerdir, çoğu çiçek ve meyvede bulunmakla birlikte çevresel pH’a bağlı olarak pembe, kırmızı, turuncu, mor ve mavi tonlar gibi geniş renk çeşitlilikleri vardır. Antosiyaninler her tür kırmızı ve siyah gibi renkli meyvelerde ve turp, siyah fasulye, kırmızı soğan, patlıcan, mor mısır, mor tatlı patates, kırmızı lahana, kırmızı gibi koyu renkli birçok sebzede bulunur (Tarone et al., 2020). Antosiyaninler, farklı şekerlerin glikozidik bağla antosiyanidinlerin bağlanması sonucu oluşur. Farklı çeşitte antosiyanin oluşumu antosiyanidinlere bağlanan farklı şekerlerle ilgilidir (Yiğit, 2018). Çok sayıdaki antosiyanin çeşidi bulunmasına rağmen, insan beslenmesinde önemli altı çeşit

antosiyenin vardır. Bunlar siyanidin, delfinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin ve malvidin'dir (Banwo et al., 2021).

Meyve, sebze ve çiçeklerde antosiyanidin yapısında metoksil grubu arttığında kırmızı renginin baskınlığı artarken, hidroksil grubunda artış olduğunda ise mavi renk baskınlığı artmaktadır (Tartıcı, 2020). Antosiyaninlerin yapısı pH, sıcaklık, gıdaların uygun olmayan depolama koşullarında saklanması, kimyasal yapısındaki değişimlerle bozulmaktadır. Antosiyaninlerin yapısı bozulduğunda gıdanın rengi açılmaya başlamaktadır. Antosiyaninler düşük pH'a dayanıklıdır. Gıdada bazık ortam oluştuğunda antosiyaninlerin yapısı bozulur (Yiğit, 2018).

2.1.1.5. Flavonlar

Flavonlar yapısında bulunan karbon atomuna H^+ grubunun bağlanmasıyla oluşur. Meyve, sebze ve bitkilerde sarı renk oluşumunu sağlamaktadır. Buğday, darı, narenciye türevlerinde bulunur. Sakinleştirici ve kas gevşetici etkiye sahiptir (Tartıcı, 2020; Yiğit, 2018).

2.1.1.6. Flavanonlar

Turunçgillerde fazla miktarda bulunmaktadır. Flavanon çeşitlerinden bazıları naringenin, eriodiktol, hesperidin, naringin ve hesperetindir. Portakal da hesperidin, greyfurtta naringenin bulunmaktadır (Tartıcı, 2020; Yiğit, 2018).

2.1.1.7. Flavonoller

Gıdalarda en fazla bulunan flavonoid grubudur. Pırasa, brokoli, lahana, soğan gibi gıdalarda fazla miktarda bulunmaktadır (Tartıcı, 2020; Yiğit, 2018).

2.1.1.8. Stilbenler ve lignanlar

En çok çalışılan stilben, böğürtlen, asma, yer fıstığı, üzüm ve şarap gibi birçok gıda da bulunan resveratrol'dür. Lignanlar meyvelerde, sebzelerde, tahıllarda ve baklagillerde bulunan fitoöstrojenlerdir, keten tohumu, keten tohumu ve susam tohumlarında bulunmaktadır (Banwo et al., 2021).

2.1.1.9. Tanenler

Tanenler, hemen hemen tüm bitkisel yiyecek ve içeceklerde yaygın olarak bulunan, molekül ağırlıkları 500 ila 30000 Da arasında olan fenolik bir gruptur.

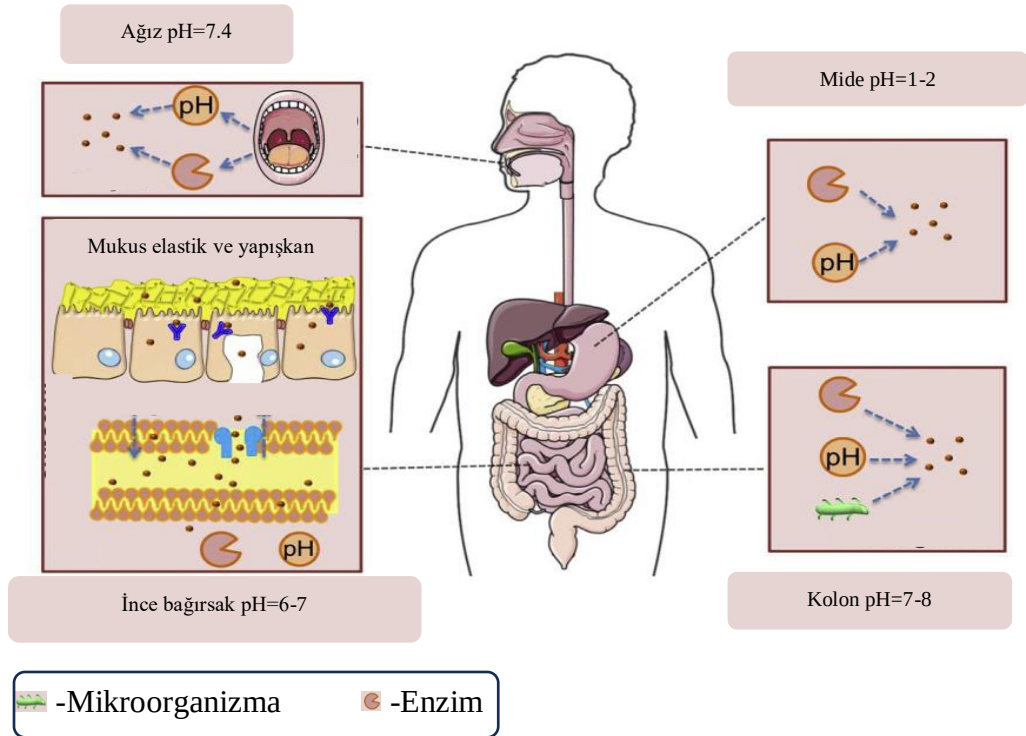
Proantosiyanidinler ve hidrolize edilebilir tanenler biyoaktif bileşiklerin iki ana grubudur, ancak karmaşık tanenler ve deniz kahverengi alglerinde spesifik tanenler de mevcuttur. Tanenlerin biyolojik etkileri genellikle polimerizasyon derecelerine ve çözünürlüklerine bağlıdır. Yüksek oranda polimerize tanenler, ince bağırsakta düşük biyoerişilebilirliğe sahiptir ve kolonik mikroflora tarafından fermente edilme düzeyleri düşüktür (Serrano et al., 2009).

2.1.1.10. Karotenoidler

Karotenoidler bitkiler, algler, mantarlar, bakteriler gibi doğada ve somon, yengeç, karides gibi bazı hayvanlarda bulunan lipofilik pigmentlerdir. Bu bileşikler meyveler, sebzeler, mantarlar ve çiçeklerde sarıdan kırmızıya kadar olan renklerden sorumludur. Bu pigmentler yüksek antioksidan aktiviteye sahip olup, A vitamini öncül maddeleridir. Meyve sebzelerde beta-karoten, lutein ve likopen en önemli karotenoidlerdir (Luiza Koop et al., 2022).

2.1.2. Biyoaktif bileşenlerin stabiliteleri

Biyoaktif bileşikler işleme ve depolama sırasında ışık, ısı, düşük pH ve oksijen gibi çevresel uyarılara karşı oldukça hassastır.



Şekil 2.2. İnsan sindirim sisteminde biyoaktif bileşiklerin karşılaştığı olumsuz koşullar (Chai et al., 2018)

Ayrıca bu bileşiklerin Şekil 2.2’de gösterildiği gibi beslenmeyle insan vücuduna alındığında ağız ve midede sırasıyla amilaz ve pepsin enzimlerine ve sırasıyla pH 7,4 ve pH 1-2’ye maruz kalması, bağırsaklarda emilimde zorluk çıkaracak mukuslu bağırsak yüzeyiyle, mikroorganizmalarla ve 7-8 pH’la karşı karşıya gelmeleri ile bu bileşiklerin stabiliteleri ve biyoyararlanımı azalmaktadır (Chai et al., 2018).

2.1.3. Biyoaktif bileşenlerin sağlık etkileri

Gıdaların sağlık yararları içerdikleri biyoaktif bileşikler olan fitokimyasallar kaynaklıdır. Bu fitokimyasalların sağlık üzerindeki etkileri şu şekilde olmaktadır (Dillard and German, 2000):

- Biyokimyasal reaksiyonlarda substrat olarak,
- Enzimatik reaksiyonların kofaktörleri ve inhibitörleri olarak,
- Bağırsaktaki istenmeyen bileşenlere bağlanan ve onları ortadan kaldıran emici maddeler/bağlayıcılar olarak,
- Hücre yüzeyini veya hücre içi alıcıları antagonize veya agonize eden ligandlar olarak,
- Zehirli veya reaktif kimyasalların temizleyicileri olarak,
- Gerekli besin maddelerinin emilimini ve/veya stabilitesini arttıran bileşikler olarak,
- Yararlı gastrointestinal bakteriler için seçici büyüme faktörleri olarak,
- Yararlı oral, gastrik veya bağırsak bakterileri için fermantasyon substratları olarak,
- Zararlı bağırsak bakterilerinin seçici inhibitörleri olarak.

Flavonoidler, stilbenler, lignanlar dahil olmak üzere fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin gıdaların alımı alzheimer hastalığı, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, katarakt, diyabet ve yaşa bağlı bozukluklar üzerinde olumlu etki göstermektedir. Biyoaktif bileşikler antioksidan, antiinflamatuvar, antidiyabetik, antikanser, antiviral ve antitümör, antidepresan etki göstermektedir. Serbest radikallerin yol açtığı oksidatif strese karşı koruyucu etki göstermektedir. Fenolik bileşikler açısından zengin gıdaların tüketimi, antioksidan özellikleri nedeniyle ve enzimatik aktivite modülasyonu, hücresel sinyalleşme ve gen ekspresyonu gibi mekanizmalar yoluyla birçok kronik hastalığın önlenmesini

sağlamaktadır. Stilbenler antikanserojen ve kardiyoprotektif aktivite gösterir (Banwo et al., 2021; Mudalip et al., 2021; Luiza Koop et al., 2022).

Antosiyaninlerin beslenmeyle alınması, nörolojik hastalıklara karşı koruma, yaşa bağlı beyin ve bilişsel işlevlerdeki gerilemenin kontrolü, kalp hastalığı riskinde azalma, görme ve beyin fonksiyonlarını geliştirme, obezite ve diyabet gibi kronik hastalıklarla da anti-inflamatuar bir rol oynarlar (Tarone et al., 2020).

2.2. Üzüm ve Üzüm Çekirdeği Yağı

Üzüm Vitaceae familyasının *Vitis L.* cinsinden ve *Vitis vinifera L.* türünden bir bitkidir (Koç, 2016). Dünyada üzümün %37,7'si Avrupa'da, %32,4'ü Asya'da, %21,4'ü Amerika kıtasında üretilmektedir (Çalık, 2017). Ülkemizde üzüm yetiştiriciliği en fazla Ege Bölgesinde yapılmakta ardından Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde yapılmaktadır (Arslan, 2015). Kullanımına göre en geniş bağlık alanlar sırasıyla sofralık çekirdekli, kurutmalık-çekirdeksiz ve şaraplık üzüm için kullanılmaktadır (Bekar, 2017).

Üzüm (*Vitis vinifera L.*) meyve suyu, şarap, pekmez, kuru üzüm, sirke, sucuk, pestil ve şıra olarak gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Sevindik ve Selli, 2016; Bekar, 2017). Üzümün yapısında glukoz, fruktoz, su, mineraller ve fenolik bileşikler bulunmaktadır. Üzümde bağırsaklardan emilimi iyi ve biyoyararlanımı fazla olan +2 değerlikli ferröz demir bulunmaktadır (Bekar, 2017).

Fenolik maddelerce zengin olan üzümde, bu fenolik içeriğin %30'unu antosiyaninler oluşturmaktadır. Üzümün acı tadını flavan-3-ol ve flavonoller, buruk tadını flavan-3-oller, rengini antosiyaninler vermektedir. Üzüm içeriğindeki fenolik maddelerin %60-70 kadarını çekirdeklerinde barındırmaktadır (Bekar, 2017).

Üzümlerde var olan aroma profili, biyoaktif bileşenler ve yağ miktarı üzümün cinsi, nem miktarı, toprağın yapısı, olgunlaşmanın etkisi, enzim aktivitesi, mevsimsel koşullar, işleme yöntemi (Bekar, 2017), hasat zamanına (Bekar, 2017) göre değişmektedir (Sevindik ve Selli, 2016).

Üzüm çekirdeği yağı üretiminde kullanılan çekirdekte %7-20 civarında yağ, %35 lif, %29 fenolik bileşik, %11 protein, %3 mineral, %7 su bulunmaktadır (Çalık, 2017; Sevindik ve Selli, 2016). 50 kg üzüm çekirdeğinden 1 kg civarı

soğuk preslenmiş yağ elde edilmektedir (Koç, 2016). Üzüm çekirdek yağı kozmetik sektörü, gıda sektörü, eczacılık ve tıp alanlarında kullanılmaktadır (Umaz vd., 2019). Sahip olduğu yağ asitleri, tokoferoller, proantosiyanidinler, steroller gibi zengin biyoaktif bileşenler üzüm posasını, günden güne önemi artan gıda, farmasotik ve kozmetik sektörleri için oldukça makul ve kazançlı bir hammadde haline getirmektedir (Sevindik ve Selli, 2016).

Üzüm çekirdeği yağında doymamış yağ asitleri çoğunluktadır (Çalık, 2017). Üzüm çekirdeğinde üzüme tat veren ve yağın oksidasyonunu önlemeye katkı sağlayan linoleik asit (%72-76) yüksek miktarda bulunmaktadır. Ayrıca linoleik asit kardiyovasküler hastalıkları önlemeye yardımcı olmakta, antikolesterol özelliği ile de öne çıkmaktadır. Üzüm çekirdeği oleik, palmitik, stearik asitleri ve iz miktarlarda diğer yağ asitlerini de içermektedir (Sevindik ve Selli, 2016). Üzüm çekirdeği yağında oksidatif stabiliteyi olumsuz etkileyen, istenmeyen koku ve tada neden olan linolenik asit ise az miktarda bulunmaktadır (Koç, 2016).

Üzüm çekirdeği yağı içerdiği fitosteroller, tanenler, kuersetin-3-glukronit, tokoferoller, tokotrienoller, proantosiyanidinler, flavonoidler, resveratrol, fenolik asitler ve karotenoidler gibi fenolik bileşikler sayesinde antioksidan aktivite göstermektedir (Çalık, 2017; Sevindik ve Selli, 2016; Bekar, 2017). Üzüm çekirdeği yağında miktarı en fazla olan bileşik kateşindir, fitosterollerden β -siterol, fenolik asitlerden gallik, kafeik ve ferulik asit bulunmaktadır (Sevindik ve Selli, 2016).

Fransa'nın Bordeaux bölgesinde yaşayan insanlar yoğun sigara tüketmekte, kolesterol içeren besinlerle beslenmekte ama kalp hastalıkları az görülmektedir. Bu durum Fransız Paradoksu olarak adlandırılmaktadır. Bunun sebebi Bordeaux bölgesinde rutubetli havada yetişen "Cabernet Sauvignon" adlı üzüm çeşidinin küfe karşı resveratrol antioksidanı üretmesidir. Resveratrolün kalp hastalıklarına karşı koruyucu etki gösterdiği böyle keşfedilmiştir (Koç, 2016).

E vitamini antioksidan etkisiyle kanser riskini azaltmakta ve kalp ve damar rahatsızlıklarını önlemede etkilidir. Üzüm çekirdeği yağı E vitaminince (tokoferol & tokotrienol) zengindir. Alfa- tokoferol en aktif formdur ve sağlık açısından önem arz etmektedir. Üzüm çekirdeği yağı yüksek miktarlarda tanen içermektedir

bu durum üzüm çekirdeği yağının peroksidasyona karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır (Koç, 2016).

Butkhup et al. (2010) ve Mirkami et al. (2013) yapmış oldukları çalışmalarda üzümdeki fenolik bileşenlerin çeşit, iklim, tane büyüklüğü, olgunluk gibi birçok etmene bağlı olarak değiştiğini ve üzümde elde ettikleri ekstraktların antimikrobiyal ve antioksidan etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Leone et al. (2019), Ravindranathan et al. (2019), Mao et al. (2019), Kumar et al. (2018) yapmış oldukları çalışmalarda içeriğindeki fenolik maddelerden kaynaklı, üzümde elde edilen ekstraktların anti-kanser etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Üzümde elde edilen ekstraktların kardiyovasküler hastalıklar (Duo et al., 2007; Pons et al., 2017), hipertansiyon (Hao et al., 2018), beyin hasarı ve nörodavranışsal sorunlar (Tu et al., 2019), Alzheimer (Wang et al., 2009), Parkinson hastalığı (Youssef et al., 2019), obezite ve şeker hastalığı (Griffin et al., 2017), deri hastalıkları (Soleymani et al., 2019) gibi birçok hastalığa olumlu etkisinin olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

2.3. Kahve

Kahve, yaklaşık 60 ülkede üretilen, günümüzde en fazla tüketilen ve tüketimi gittikçe artan, petrolün ardından en fazla ticareti yapılan üründür (Butt and Sultan, 2011; Esquivel and Jimenez, 2012; Farah and dos Santos, 2015). Ülkemiz kahve tüketiminde ICO (International Coffee Organisation) verilerine göre 2017/18, 2018/19, 2019/20, 2020/21 yıllarında dünyada yedinci sıradadır (ICO, 2020). Kahve ortalama sıcaklığın 18-24°C olduğu tropikal bölgede yetişmektedir (Girginol, 2018). Kahve yetiştiriciliğinde rakım aroma üzerinde etkilidir. 1200 m ve üzeri yükseklikte yetişen kahve “kaliteli”, 1500 m ve üzerinde yetişen kahve “nitelikli” olarak tanımlanmaktadır (Durmaz, 2015). 100’den fazla çeşidi olan kahvenin Arabika (*Coffea arabica*) ve Robusta (*Coffea canephora*) çeşitlerinin ticareti yapılmaktadır (Cagliani et al., 2013). Robustanın kafein içeriği yüksektir. Arabika kahvenin aroması robustaya göre daha iyidir. Bundan dolayı Arabika daha çok tercih edilmekte ve ticareti robustaya göre daha fazla yapılmaktadır (Zhu et al., 2021). Kahve kompleks bir yapıdır ve 1000’den fazla kimyasal bileşen içerir (O’Keefe et al., 2013). Kahvenin kimyasal içeriğini ve

lezzetini genetik orijini, yetiştirildiği bölgenin özellikleri ve hasat sonrası yapılan işlemler etkilemektedir (Bote and Vos, 2017; Haile and Kang, 2020; Ferreira et al., 2019). Lezzet ve aromada etkili olan uçucu bileşiklerin miktarında demleme yöntemlerinin de etkisi bulunmaktadır (Cordoba et al., 2020). Çözünebilir madde miktarı yüksek olan Robusta kahve, instant kahve üretiminde kullanılır (Moeenfar and Alves, 2020).

Kahve ağacında meyve hasadı meyveler olgunlaştıktan sonra yapılmakta, hasat sonrası istenmeyen değişiklikleri engellemek amacıyla hızlıca işlenmektedir (Pereria et al., 2019). Ardından kuru, yaş ve yarı kuru denen üç farklı yöntemden biriyle meyvelerin kabukları soyulmaktadır. Kabuk soymadan sonra yeşil kahve çekirdeklerin nem miktarı %10-12 olana kadar güneşte veya mekanik kurutma yöntemiyle kurutulmaktadır (Taveira et al., 2015). Yeşil kahve çekirdeklerinin, %50'si çözünmeyen karbonhidratlar, %6-12'si çözünür karbonhidratlar, %9-12'si proteinler ve serbest amino asitler, %8-18'i lipidler, %3-5'i mineraller ve gerisi de uçucu bileşikler ve polifenolik maddelerdir (Dippong et al., 2022).

Yeşil kahve çekirdekleri yapısı uçucu olan ve uçucu olmayan (su, karbonhidratlar, lipidler, kafein, protein, klorojenik asitler, mineraller, trigonellin) bileşiklerden oluşur (Farah, 2012). Kahve çekirdekleri, klorojenik asitler (kafeoilkinik asitler, p-kumaroilkinik asitler, feruloilkinik asitler), diterpen alkoller (kafestol), kahveolflavonoidler (kateşinler, antosiyaninler), metilksantinler (kafein, teofilin, teobromin, hidroksisinamik asitler (kafeik asit, ferulik asit, p-kumarik asit), melanoidinler ve tokofelleri yapısında bulundurması sebebiyle biyoaktif özellik göstermektedir (de Mejia and Ramirez-Mares, 2014). En önemli biyoaktif bileşikler kafein, fenolik bileşikler (klorojenik asitler vb.), kafestol, kahveol, trigonellin, potasyum ve magnezyumdur (Wu et al., 2022).

Kahvedeki yağın yaklaşık %75'i trigliseritler, kalanını yağ asitleri, steroller ve diterpenler oluşturur (Ludwing et al., 2014; Moeenfar and Alves, 2020). Kahvede bakır, baryum, brom, çinko, demir, fosfor kalsiyum, kadmiyum, kobalt, kurşun, lantan, magnezyum, mangan, nikel, potasyum, rubidyum, skandiyum, sodyum, sülfat, stronsiyum, sezyum mineralleri bulunur (Zain et al., 2017).

2.3.1. Kahve kavurma işlemi

Kahvenin bilinen karakteristik lezzet ve aromasının oluşması amacıyla yeşil kahve çekirdekleri kavrulmaktadır. Bu işlemle yeşil kahve çekirdeği kahverengiye dönüşmekte kahveye aroma ve lezzet kazandırılmakta ve öğütme işlemi için kırılğan yapı oluşturulmaktadır (Schenker and Rothgeb, 2017).

Kavurma sırasında Maillard reaksiyonu, karamelizasyon, karbonhidratların polimerizasyonu, polifenol bozunması, Strecker bozunması gibi kimyasal reaksiyonlar olmakta ve yeşil kahve çekirdeklerinde bulunan aldehit, keton, furan gibi uçucu bileşenlerin miktarı değişmekte kahvede istenen lezzet ve aroma oluşmaktadır (Toledo, 2016; Somporn et al., 2011).

Kahve kavurma işleminin sabit sıcaklık ve süre uygulaması yoktur. Elmacı ve Gök (2021) yapmış oldukları bir çalışmada Agtron/SCAA (Specialty Coffee Association) renk skalasını kavurma sıcaklık ve süresini belirlemede kullanmışlardır. 95, 55, 35 Agtron numaralarını açık, orta ve koyu kavrulmuş kahve çekirdeği elde etmek amacıyla kullanmışlardır.

Kahve kavurma işlemi üç faza ayrılabilir: Nemin ortadan kaldırıldığı kurutma fazı, karmaşık pirolitik reaksiyonların olduğu kavurma aşaması, kavurmayı durdurmak için gerçekleştirilen soğutma aşamasıdır. Kurutma aşamasında çekirdeklerin sıcaklığı yaklaşık 100°C'ye getirilir ve serbest su dışarı atılır. Nem içeriği %10-12 olan yeşil kahve çekirdeklerinin nem içeriği azalır. Bu aşamada yeşil kahve çekirdeklerinin kokusu ekmek kokusuna benzer hal alır, rengi ise sarımsı renge döner. Kahve çekirdeklerinin nem içeriği %6 olduğunda çekirdeklerin sıcaklığı 170°C'ye ulaşır. Bu aşamada gerçek kavurma işlemi başlar ve süreç ekzotermik hale gelir. Pirolitik reaksiyonlar gerçekleşir ve büyük miktarda gaz üretilir (5-12 l/kg gaz büyük oranda CO₂), bu durum gözenekli kahve çekirdeğinin yanları kapalı olan boşluklarında yüksek basınçlara yol açar. Kahve çekirdekleri %50-100 oranında şişer ve bu aşamada kahve çekirdeğinde oluşan yüksek iç basınç sebebiyle patlama sesi duyulur (ilk patlama). Kahvede hoş bir asitlik ve zengin aroma gelişir. Bu süreç devam ettiğinde kahve koyu kavrulmuş hale gelir. İkinci hızlı patlama duyulur ve yüzeyinde küçük yağ damlacıkları görülür (ikinci patlama). Kahve pozitif olan asitliğini ve zengin aromasını kaybetmeye başlar. Kavurmaya devam edildiğinde kömürleşmeye

başlar ve yanık tat gelişir. Son olarak çekirdeklerin soğutulması bu işleme son verir (Yeretzian et al., 2002).

Opitz et al. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada farklı sıcaklık ve süre uygulayarak kavurdıkları yeşil kahve çekirdeğinde meydana gelen değişiklikleri antioksidan aktivite açısından incelemiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda çekirdeklerin kavurma süresinin uzaması ve çok kavurmayla antioksidan kapasitesinin düştüğünü tespit etmişlerdir.

Yıldırım vd. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada az, orta ve çok olmak üzere üç farklı sıcaklıkta kavurdıkları kahve çekirdeklerini Filtre ve Türk kahvelerine uygun şekilde öğütmüşler ve demledikten sonra elektrokimyasal yöntemlerle antioksidan kapasitesini galik asit ve kuersetin cinsinden belirlemiştir. Çalışma sonucunda Türk kahvesinin antioksidan kapasitesinin filtre kahveden düşük olduğunu ve az kavrulmuş kahvede antioksidan kapasitesini daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

2.3.2. Kahve çekirdeklerinin öğütülmesi

Kahve çekirdeklerinin içecek olarak tüketilmesi için çekirdeklerin küçük parçalara indirgenmesi yani öğütülmesi gerekmektedir. Kavrulma işleminden yaklaşık 12-18 saat sonra öğütme işlemi gerçekleştirilmektedir. Öğütme işlemiyle kahve çekirdeklerinin yüzey alanı artırılmaktadır. Bu durum suyla temas halinde ekstraksiyon oranını artırmakta yapısında bulunan çözünür maddelerin, var olan lezzet bileşenlerinin ve aromasının suya geçişini hızlandırmaktadır (Girginol, 2017). Aynı zamanda kahve çekirdeği doku hücrelerinin parçalanması CO₂ ve uçucu organik bileşenlerin salınımını uyarmaktadır (Cordoba et al., 2020).

2.3.3. Kahvenin demlenmesi

Kahve içeceği, kavrulmuş ve öğütülmüş kahve çekirdeklerinin suyla pişirilmesi ya da demlenmesi ile oluşur. Kavrulmuş kahveden sonra su, demlemenin ikinci temel maddesidir. Suyun iyonik içeriği kahve demlemede çok önemlidir. Kahve çekirdeklerindeki aroma bileşikleri aprotik, yüksüz türler ve asitlerin ve konjuge tuzlar şeklinde bulunur. Dolayısıyla sudaki çözünmüş mineral içeriği bu organik moleküllerin çözünmesini ve ekstraksiyonunu etkiler. Su ile ekstraksiyonda Na⁺, Mg²⁺ ve Ca²⁺ seviyelerinin kontrol edilmesi, kavrulmuş ve

öğütülmüş kahvede bulunan bileşiklerin farklı oranlarda ekstraksiyonuna olanak sağlar (Cordoba et al., 2020).

Su ile kavrulmuş kahve tanelerinin etkileşim süresi (ekstraksiyon süresi), kahve aroması ve kalitesiyle ilgili bileşiklerin ekstraksiyonunda önemli bir faktördür. Ekstraksiyon verimliliği, belirli bir sürede kahve matrisinden salınan belirli bir bileşenin miktarını tanımlar. Şekerler, organik asitler ve kafein, hazırlamanın ilk saniyelerinde verimli bir şekilde ekstrakte edilir ve hızla >%90 ekstraksiyon verimine ulaşır. Bunun aksine, daha az çözünür bileşikler ancak uzun bir süre sonra veya daha büyük su hacminin varlığında ekstrakte edilir. Bu bileşikler arasında çeşitli acı veya buruk tat maddeleri mevcut olabilir (Cordoba et al., 2020).

2.3.4. Türk kahvesi

Türk kahvesi Arabica kahve çekirdeklerinin kavrulup ince formda (ortalama 120 μm) öğütülmesi ve cezvede pişirilmesiyle hazırlanmaktadır (Küçükörmürler et al., 2009). Türk kahvesi Batıda tüketilen kahvelerin aksine ince öğütülmekte ve ateş üstünde köpürene kadar pişirilmektedir (Alves et al., 2010). Kaynatılmadan bu sıcaklıkta fincana dökülmekte, köpüğüne zarar vermeden servis edilmektedir (Elmaci ve Gök, 2021).

Kahve değişik boyutlarda öğütülmektedir. Çok ince (50-75 μm), ince (76-125 μm), ince-orta (240-400 μm), orta (401-500 μm), orta kalın (600-800 μm), kalın (1000-1200 μm), çok kalın (1201-1500 μm) olarak öğütülen kahveler tüketici tercihiye göre temin edilmektedir (Coşgun, 2022).

2.3.5. Kahvedeki biyoaktif bileşikler

Kahvede bulunan pürin alkaloidi olan en önemli bileşen kafeindir (Dippong et al., 2022; Higdon and Frei, 2006). İlk kez 1820 yılında kahve çekirdeğinden izole edilmiştir (CanoMarquina et al., 2013). Günümüzde dünya nüfusunun %80'e yakını her gün kafeinli bir ürün tüketmektedir, bu durum uyarıcı etkileri olan kafeini dünyada en çok tüketilen psikoaktif madde yapmaktadır. Tüketildikten sonra, kafeinin tamamı karaciğerde tamamen emilir. Emilimden sonra kafein dokulara ve vücut sıvılarına hızla dağıtılmaktadır. Hidrofobik özellikleri olan kafeinin sınırlı şekilde (%17-30) plazma proteini bağlaması tüm

biyolojik zarlardan geçmesine izin vermekte ve bu durum hamile anneden bebeğine ve kan-beyin bariyerleri dahil hücre içi engelleri kolayca geçmesini sağlamaktadır (dePaula and Farah, 2019). Kafein oda sıcaklığında rengi, kokusu olmayan ancak kahvede acılığı sağlayan bileşendir (dePaula and Farah, 2019).

Kafein (1,3,7-trimetil ksantin) en yaygın tüketilen merkezi sinir sistemi uyarıcıdır. Kafein norepinefrin, dopamin ve serotonin gibi çeşitli nörotransmitterlerin salınımını artırır, psikomotor özellikleri uyarır ve ruh hali, enerji duygusu, uyanıklık, zihinsel odaklanma/dikkat, hafıza, bilginin işleme hızı, farkındalık ve tepki süresi gibi davranışsal işlevleri iyileştirir (Nehling et al., 2015; Fisone et al., 2004). Bireysel yanıtlarda çok büyük farklılıklar gösterilmekle birlikte, EFSA'ya göre, bu etkileri elde etmek için genellikle 75 mg'lık bir doza ihtiyaç vardır (EFSA, 2015).

Kafein *Streptococcus mutans*'a karşı antibakteriyel etki göstermektedir (Antonio et al., 2011). Kafein, ağrı kesicilerle (parasetamol, ibuprofen veya asetilsalisilik asit) bir araya getirilerek yardımcı ağrı kesici olarak kullanılmıştır. Nörodejeneratif hastalıklar bağlamında metilksantin tüketimi büyük ilgi çekmektedir. Kafein/kahve düzenli tüketiminin Alzheimer ve Parkinson gibi hastalıklarda nörokoruyucu etki gösterdiği tespit edilmiştir (Monteiro et al., 2016).

Kafein alımı kronik hepatit C hastalarında ileri derecede hepatik fibrozis riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Jaruvongvanich et al., 2017). Kahve tüketiminin kronik karaciğer hastalıklarının görülme sıklığının azaltılmasıyla ilişkili olduğu görülmüştür (Rahl and Everhart, 2005).

Oral kafein alımıyla hem substrat ihtiyacı sağlanarak yorgunluk azaltılmakta hem oksijen alımı artırılmakta ve dolayısıyla egzersiz performansı iyileştirilmektedir (Goldstein et al., 2010).

Turan Ayseli et al. (2021) yapmış oldukları çalışmada kavurma işleminin Türk kahvesinde aroma bileşenleri oluşumu, antioksidan aktivite gibi fizikokimyasal etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada Arabika kahve çekirdeği ile hazırlanan orta kavrulmuş (155°C de 18 dk.) ve çok kavrulmuş (170°C de 18 dk.) çekirdeklerde hazırlanan Türk kahvesinde kafein miktarını sırasıyla 571 mg/L ve 601 mg/L olarak tespit etmişler ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmişlerdir.

Kafein aynı zamanda bir idrar söktürücüdür (Nawrot, 2003). Diğer bir alkaloid olan trigonellin yeşil kahve çekirdeklerinde bulunmaktadır. Trigonellin, nikotinik asidin metilasyonunuyla oluşmakta ve kütlece %0,83-1,13 oranında yeşil kahve çekirdeklerinde bulunmaktadır (Valduga et al., 2019). Arabika çekirdeklerindeki trigonellin miktarı Robusta çekirdeklerinden daha fazladır (Wu et al., 2022). Trigonellin yeşil kahve çekirdekleri kavrulduğunda azalmaktadır. Trigonellin bozulduğunda nikotinik asit ve n- metilpiridinyum oluşmaktadır (Soares, Alves and Oliveria, 2015). Trigonellin, acılığa ve istenmeyen tatlara sebep olan piroller ve piridinler gibi uçucu bileşiklerin öncüsüdür. Kavurma işlemiyle yeşil kahve antioksidan aktivitesinin azaldığı gözlemlenmiştir (Mehaya and Mohammed, 2020).

Kahvede en baskın fenolik bileşen olan klorojenik asitler, trans-hidroksisinamik asitlerin ve kinik asidin esterleri olarak 1837 yılında keşfedilmiştir. Dünya genelinde yüksek kahve tüketimi nedeniyle birçok bölgede bu içecek, klorojenik asitler ve genel olarak antioksidanların başlıca besin kaynağıdır (Farah and Lima, 2019). Meyveler arasında, yeşil kahve çekirdekleri, çekirdek çeşidi, olgunluk seviyesi, coğrafi köken ve kavurma gibi özelliklere bağlı olarak en yüksek klorojenik asit miktarına sahiptir. Kahve çekirdeklerinde farklı çeşitlerde 70'ten fazla klorojenik asit tanımlanmıştır (Turan Ayseli et al., 2021). Kahvenin günde bir fincan tüketimi (200 ml) yaklaşık olarak 15 ila 325 mg klorojenik asit sağlamak ve düzenli kahve içenlerde günlük alıma 0,5 ila 1,0 g katkıda bulunmaktadır (Mills et al., 2013). Kahvedeki ana fenolik bileşenler, klorojenik asitler olup bunlar kavurma sırasında kayıplara uğrar (Ludwig et al., 2014). Turan Ayseli et al. (2021) yapmış oldukları çalışmada orta kavrulmuş (155°C de 18 dk.) ve çok kavrulmuş (170°C de 18 dk.) çekirdeklerle hazırlanan Türk kahvesinde kafein miktarını sırasıyla 1399,5 mg/L ve 912 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Kahvenin faydalı etkileri, birçok biyoaktif bileşiğin bir arada bulunmasıyla ilişkilendirilebilir. Klorojenik asitlerin, kahvenin antioksidan ve anti-inflamatuvar aktivitelerine en çok katkı sağlayan bileşen olduğu tespit edilmiştir. Klorojenik asitlerin antioksidan aktivitesinin C vitamini ile benzer olduğu bilinmektedir. Demir gibi geçiş metallerini bağlayabilir, serbest radikalleri temizleyebilirler ve serbest radikal zinciri reaksiyonlarını keserek oksidasyonu önleyebilirler. Ayrıca,

farklı oksidasyon ajanları tarafından indüklenen düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) oksidasyonunu önleyebilirler ve DNA hasarını önleyebilirler. Klorojenik asitler, serbest radikaller veya kanserojen ajanlar nedeniyle meydana gelen DNA hasarının inhibisyonu yoluyla kanserin başlangıç aşamasını önleyebilir. Yapılan çalışmalar kahve tüketimi ile belirli kanser türlerinin riski arasında ters bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu etki, klorojenik asit alımı ile ilişkilendirilmiştir. Günde 2 fincan kahve tüketimi, kahve tüketmeyenlere göre karaciğer kanseri riskini %40 azaltır. Kahve tüketiminin tip 2 diyabetin başlamasını, oksidatif hasarı, vücut yağ kütlelerini ve enerji/besin alımını azaltarak, önlediğini veya geciktirdiğini bilinmektedir. Kardiyovasküler koruma için temel mekanizmalar yüksek antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklerdir; bunlar endotel fonksiyon bozukluğunu düzeltir ve insülin direncini azaltır. Alzheimer hastalığı, ilerleyici bilişsel bozulmaya yol açan demansın en yaygın nedenidir. Şu anda Alzheimer hastalığına karşı bir ilaç bulunmamaktadır, ancak çalışmalarda düzenli kahve tüketimi ile Alzheimer hastalığının gelişimi arasında ters bir ilişki gözlemlenmiştir (Farah and Lima, 2019).

Bir aminoasit çeşidi olan triptofan kahvedeki biyoaktif bileşiklerdendir (Comai et al., 2007). Triptofanın insan vücudunda biliş, uyku, ruh hali değişimi gibi süreçlerde biyolojik etkileri mevcuttur (Young, 2013).

Kahveol ve kafestol, kahvenin ana diterpenleridir ve lipid fraksiyonunun yaklaşık %20'sini oluşturur. Bu diterpenoitler, antioksidan kapasitesi, anti-inflamatuar etkisi ve kansere ve toksik maddelere karşı korunması nedeniyle insan sağlığına önemli faydalar sağlar. Bununla birlikte, kahveol ve özellikle kafestolün serum kolesterol seviyelerini yükselttiği de bilinmektedir. Diterpenlerin profili ve ortaya çıkan sağlık etkisi kahve hazırlama yöntemine bağlıdır. Filtrelenmemiş kahve içeceklerinin filtrelenmiş kahve içeceklerden daha yüksek diterpen içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Wuerges et al., 2020)

Kafestol (182-1308 mg/100 g), kahveol (0-1265 mg/100 g) ve 16-O-methycafestol (0-223 mg/100 g) yeşil ve kavrulmuş kahve çekirdeklerindeki ana diterpenlerdir (Wu et al., 2022). Bununla birlikte, kahve türleri, genetik köken ve kavurma ile demleme gibi teknolojik parametreler kahve diterpen içeriği üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir (Moeenfarid and Alves, 2020). Kahve diterpenlerinin

yüksek dozlarda tüketiminin kanda kolesterolü azaltıcı etkilerinin yanı sıra, hayvan modelleri ve hücre kültür sistemleri değerlendirildiğinde, kahve diterpenleri kafestol ve kahveol'ün birçok karsinojenin genotoksisitesini azaltarak bir dizi biyokimyasal etki ürettiği gösterilmiştir (Cavin et al., 2002). Diterpen alımı artışıyla kan lipid, homosistein düzeyleri ve toplam kolesterol artmakta ve karaciğer hasarı ve kardiyovasküler problemler oluşmaktadır (Silva et al., 2012).

Huber et al. (2003) yaptıkları çalışmada kafestolün DNA onarımı üzerine etkisini incelemişler. Yüksek dozda kafestol/kahveol ve serbest kafestolün DNA onarıcı protein olan MGMT (O6-metilguanin-DNA metiltransferaz)'yi kontrol seviyesine göre 2,6 kat daha fazla artırabileceğini tespit etmişlerdir. Huber et al. (2008) yaptıkları çalışmada kafestol/kahveolün karsinojen aktivasyonunu azalttığını tespit etmişlerdir.

Melanoidinler, kahve çekirdeği kavrulurken indirgen şekerler ve proteinlerin serbest amino grupları arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu (enzimatik olmayan esmerleşme) sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı ve kahverengi renkli ürünlerdir. Kahve çekirdeği kavrulunca %25'e yakın melanoidler oluşabilir. Kavurma işlem süresi uzayınca melanoid oluşumu artar. Melonoidlerin yapısında proteinler, kafeik, ferulik, klorojenik asit, galaktomannanlar ve arabinogalaktanlar gibi polisakkaritler bulunur. Melanoidinler, bağırsakta metabolize olurlar ve antioksidan aktivite gösterirler (Ülger, 2015). Melanoidler klorojenik asidi yapısında barındırdığı için antihipertansif, antioksidan, antialerjik, antimikrobiyal, prebiyotik özellik gibi sağlık faydaları mevcut olmakla birlikte metallerle bağlanabildiği için tümör gelişimini önleyici ve antimutajenik etki göstermektedir (Coelho et al., 2014).

2.3.6. Kahvenin insan sağlığına olumlu ve olumsuz etkileri

Kahve, birçok polifenol bileşik içermektedir (Takahaski et al., 2017). Kahve tüketiminin karaciğer hastalığı, diyabet, Parkinson, gibi birçok hastalık üzerinde olumlu etkileri bulunmakta (Tzoulaki, 2018), Alzheimer üzerinde olumlu etki göstermekte (Cao et al., 2009), antioksidan aktivite göstermekte (Yashin et al., 2013), hipertansiyonu azaltmakta (Grosso et al., 2016; Navarro et al., 2017), zararlı oksidasyonu önlemektedir (Wierzejska, 2015).

Çok kahve tüketimi kansere karşı koruyucu olurken bazı durumlarda ters etkiye sebep olup pankreas, mesane, kalın bağırsak ve göğüs kanseri oluşum riskini artırabileceği tespit edilmiştir (Pourshahidi et al., 2016).

Kahvede bulunan diterpenlerin toplam kolesterol, serum düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL), hipertansiyon ve plazma homosistein seviyelerini etkileyebileceği ve bunların kalp hastalıkları gelişmesine sebep olabileceği düşünülmektedir. 50-71 yaş aralığında, 402.260 kişi ile yapılan bir çalışmada kalp sağlığı ve diğer hastalıklarla bağlı ölüm riskiyle kahve tüketiminin ters orantılı olduğu görülmüş, 2-4 fincan kahve tüketenlerde en az riskin olduğu tespit edilmiştir (Freedman et al., 2012).

Kahve tüketimi ve aritmi riskindeki artış ile ilgili çalışmalar çelişkilidir. Kafein almayanda yüksek miktarda kafein tüketimi epinefrin seviyelerini yükseltip, sinir sistemini uyarabilir. Yapılan son çalışmalar kahve tüketiminin kardiyak aritmi riskini azaltabileceğini göstermektedir. Kohort tipi bir araştırmada, 33 yıl boyunca 1017 sağlıklı erkek takip edilmiş, günde bir fincan kahve içmenin sistolik ve diastolik kan basınçlarında en az 1 mm Hg'lik artışa sebep olduğu tespit edilmiştir (Sözlü vd., 2017). Osteoporoza kahve tüketiminin etkisi kesinleştirilmemiştir. Çalışmalarda 300 mg/gün kafein tüketiminin düşük kemik yoğunluğuna ve kemik kaybına ve kırıklara neden olabileceği tespit edilmiştir. Ancak kemik mineral yoğunluğunu 120 ml/gün kahve veya çay tüketenlerin hiç tüketmeyenlere göre olumlu etkilendiği görülmüştür (Sözlü vd., 2017).

Günlük 4 fincandan fazla kahve tüketen 50.739 kadın üzerinde yapılan bir çalışmada kafeinsiz kahve içenlerde değişiklik olmamasından olayı kafein içeriğine bağlı olarak depresyon riskinde azalma görüldüğü tespit edilmiştir (Sözlü vd., 2017).

2.4. Mikroenkapsülasyon

Dünya çapında sağlıklı ve besleyici gıda ürünlerine olan talep artmakta ve gıdalar insan vücuduna gerekli besinleri sağlamak üzere tasarlanmakta, fonksiyonel gıdalarla da beslenme kaynaklı hastalıkların önlenmesi amaçlanmaktadır. Fonksiyonel gıdalar, beslenmenin ötesinde insan sağlığına faydaları ve kronik hastalıkları azaltmasıyla ön plana çıkmaktadır. Fonksiyonel

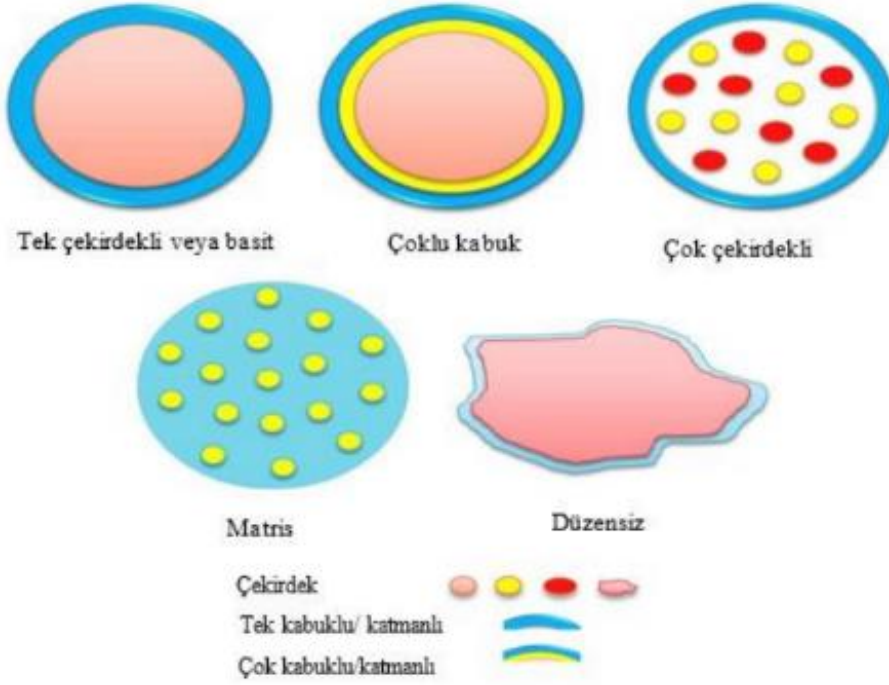
gıdaların bu sağlık faydaları içerdikleri biyoaktif bileşenlerden kaynaklı olmaktadır (Jeyakumari et al., 2016). Biyoaktif bileşikler çevre koşullarına karşı duyarlıdır hızlı şekilde okside olarak istenmeyen tat ve kokuya neden olurlar. Aynı zamanda gıda işleme, dağıtım, depolama ve gastrointestinal sistemde (enzimler, pH vb.) düşük stabiliteye sahiptirler ve bu durum düşük biyoyararlanıma sebep olmaktadır (Munin and Edwards-Levy, 2011).

Kapsülleme, bir maddenin dış ortamla teması engelleyerek dışını başka bir kaplama materyali ile kaplama işlemidir. Kapsüllenen madde sıvı, katı veya gaz olabilir ve bu maddeye çekirdek, aktif bileşen veya iç faz adı verilirken kapsülleyici madde duvar malzemesi, membran, kaplama veya kabuk olarak adlandırılır. Hem iç faz hem de kapsülleyici bir veya daha fazla malzemeden oluşabilir (Tolve et al., 2016). Biyoaktif bileşikler ışık, ısı, oksijen ve enzimler gibi bozunmasına sebep olacak faktörlere maruz kalmaktan korumak amacıyla kapsülendir (Lee and Wong, 2014). Biyoaktif bileşiklerin nano veya mikro boyutlarda olabilen küçük kapsüller içinde kapsüllemesi, biyoaktif bileşiklerin korunması amacıyla duvar malzemesinin tüm parçacık üzerine hidrojen bağı, metal-koordinasyon bağı, hidrofobik etkileşim, π - π yığılma, elektrostatik etkileşim ve kovalent bağ gibi bağlarla bağlanması ile gerçekleşir (Chen et al., 2021).

Bununla birlikte, kapsülleme işlemleri, sıvıları katılara dönüştürerek daha fazla kullanım kolaylığı sağlar (Drozinska, Kanclerz and Kurek, 2019); hoş olmayan duyu özellikleri maskeleyerek imkân sağlar (GomezEstaca et al., 2018); gıdanın depolanması veya gastrointestinal sistemden geçişi sırasında kapsülendirilmiş malzemenin kontrollü salınımı sağlar (Neagu et al., 2020; Rutz et al., 2017); ilaçların ve biyoaktif bileşiklerin biyoyararlanımının artırır (Zhou et al., 2018). Biyoaktif bileşikler kapsüllemek için kullanılan kapsülleme teknikleri, fiziksel (örneğin sprey kurutma), kimyasal (örneğin yerinde polimerizasyon) veya fizikokimyasal (örneğin koaservasyon) işlemler olarak sınıflandırılabilir. Farklı teknikler, değişen boyutlarda parçacıklarla sonuçlanır ve bunlara göre mikro parçacıklar veya nano parçacıklar olarak sınıflandırılırlar (Tolve et al., 2016).

Kullanılan enkapsülasyon yöntemine, aktif materyale ve kaplama materyaline göre oluşan kapsüller küresel, düzensiz, aynı yapıda çok çekirdek,

çoklu çeperli yapı gibi farklı morfolojilere sahip olabilir (Silva et al., 2014). Mononükleer, polinükleer ve matris olarak kapsül morfolojisi Şekil 2.3'te gösterildiği gibi üçe ayrılmaktadır (McClements, 2012).



Şekil 2.3 Biyoaktif bileşiklerin kapsül morfolojisi (McClements, 2012)

Oluşan kapsülün çapı $0,2 \mu\text{m}$ 'den küçükse nanoenkapsülasyon, $0,2 \mu\text{m}$ ve $5000 \mu\text{m}$ arasındaysa mikroenkapsülasyon, $5000 \mu\text{m}$ 'den büyükse makroenkapsülasyon olarak adlandırılır (Gökmen vd., 2012). Mikroenkapsülasyon yöntemleri fiziksel (mekaniksel) ve kimyasal yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Püskürterek kurutma, dondurarak kurutma, ekstrüzyon, akışkan yatak kaplama fiziksel yöntemler, lipozomla kaplama, koaservasyon, iyonik jelasyon, emülsifikasyon ise kimyasal yöntemlerdir (Saifullah et al., 2019).

Mikroenkapsülasyonda kullanılacak olan kaplama materyali çekirdek ile uygun olmalıdır ve çekirdekle reaksiyona girmemelidir. Bu nedenle Arap zımkı, kitosan, maltodekstrin, hidrofobik modifiye nişasta gibi polisakkaritler kaplama materyali olarak kullanılır (Erdem vd., 2021).

2.4.1. Mikroenkapsülasyon teknolojisinin kullanılma amacı

Kapsülleme işleminin yapılmasının birçok amacı bulunmaktadır. Bunlar;

- Biyoaktif maddelerin kolay şekilde işlenmesi ve gıda matrislerine dahil edilmesi (örneğin yağda çözünen ve suda çözünmeyen bileşiklerin sulu gıdalara aktarımı),
- Biyoaktif maddelerin ısı, ışık, oksijen, nem, enzim gibi stabiliteelerini etkileyebilecek koşullardan korunması, raf ömrünün ve stabiliteelerinin artırılması,
- Biyoaktif bileşiklerin gıda formülasyonlarına kolayca dahil edilmesi ve duyuusal özelliklerin modifikasyonu,
- Biyoaktif bileşenlerin tüketim, sindirim ve depolama süresinde kontrollü salınımı,
- Aroma maddelerin veya uçucu yağlardaki etken maddelerin evaporasyon ile kaybının önlenmesi,
- Gıda işlemede istenilen özelliklerin geliştirilmesi (tekstür özellikleri, akışkanlığın kontrolü vb.),
- Hoş olmayan tadın maskelenmesi (örneğin biyoaktif peptitlerin acılığı) (Mourtzinis and Biliaderis, 2018).

2.4.2. Mikroenkapsülasyonda kullanılan kaplama materyallerinin özellikleri

Kapsüllenmiş bileşiğin serbest bırakılmasını pH değişimi, mekanik stres, sıcaklık, enzimatik aktivite, zaman, osmotik kuvvet tetikleyebilir. Mikroenkapsülasyon yöntemi ve kaplama malzemesi seçimi birbirine bağımlıdır. Uygulanan kaplama malzemesine veya yöntemine bağılı olarak uygun yöntem veya kaplama malzemesi seçilir. Kaplama malzemeleri, temel olarak film oluşturan malzemelerdir ve hangi malzemenin kaplanacak malzeme ve nihai mikrokapsüllerde istenen özelliklere bağılı olarak seçilebilir. Kaplama malzemesinin bileşimi, mikrokapsülün işlevsel özelliklerinin ve belirli bir bileşiğin performansını nasıl artırabileceğinin temel belirleyicisidir. İdeal bir kaplama malzemesi aşağıdaki özellikleri sergilemelidir:

- İşlem sırasında ve uzun süreli depolama sırasında kaplanacak malzeme ile reaksiyona girmemesi,
- İşlem sırasında veya depolama sırasında aktif malzemeyi içine hapsetmesi ve tutması,

- Aktif malzemeyi çevresel koşullara (örneğin oksijen, ısı, ışık, nem gibi) karşı koruması,
- Gıda endüstrisinde kullanılması amacıyla bazı çözücülerde (örneğin su, etanol) çözünebilmesi,
- Çekirdekle reaksiyona girmemesi,
- Uygun maliyetli olması ve gıda endüstrisinde kullanım için uygun olması,
- Yüksek konsantrasyonda iyi reolojik özelliklere sahip olması ve kapsülleme sırasında kolay işlenebilir olması,
- Aktif maddeyi dağıtma ve oluşturulan emülsiyonu stabilize etmesi gerekir (Desai and Park, 2015).

Tek bir kaplama malzemesinde yukarıdaki özelliklerin bir arada bulunması mümkün olmadığından, kaplama malzemeleri kombinasyonlar halinde kullanılır ya da oksijen yakalayıcılar, antioksidanlar, şelatlayıcı maddeler ve yüzey aktif maddeler eklenir. Gıda endüstrisinde kullanılabilir kaplama materyalleri Tablo 2.1’de listelenmiştir (Desai and Park, 2015).

Tablo 2.1. Enkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri (Desai and Park, 2015)

Kategori	Kaplama Materyali	Kullanıldığı Metotlar
Karbonhidratlar	Nişasta, maltodekstrinler, kitosan, mısır şurubu katıları, dekstran, değiştirilmiş nişasta, siklodekstrinler	Püskürterek Kurutma, dondurarak kurutma, ekstrüzyon, koaservasyon
Selüloz	Karboksimetilselüloz, metil selüloz, etilselüloz, selülozasetat-ftalat, selülozasetatbutilat-ftalat	Koaservasyon, Püskürterek kurutma
Gamlar	Akasya gamı, agar, sodyum aljinat, karragenan	Püskürterek kurutma
Lipitler	Balmumu, parafin, balmumu, diaçilgliseroller, sıvı yağlar, katı yağlar	Emülsiyon, lipozomlar, film oluşumu
Proteinler	Gluten, kazein, jelatin, albümin, peptitler	Emülsiyon, püskürterek kurutma

2.4.3. Enkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri

Karbonhidratların kaplama materyali olarak kullanımı pürüzsüz ve küresel kapsül oluşumunu sağlar ve yapışma kuvvetini artırır (Koç vd., 2010). Maliyetlerinin düşük olması, gıdada yaygın kullanılması, iyi çözünürlüğe sahip olmaları ve düşük viskozitesinin olması karbonhidratları enkapsülasyonda tercih edilen seçenek haline getirmektedir (Madene et al., 2006). Bunun yanında kazein gibi proteinler ve bazı lipidlerde enkapsülasyonda kullanılmaktadır (Nedovic et al., 2011). Proteinler yüksek molekül ağırlıklıdır ve moleküller arası zincirleri esnektir bundan dolayı viskozite, film oluşturma, çözünürlük ve emülsifikasyon özellikleri iyidir (Madene et al., 2006). Kapsülasyonda kullanılan lipid çeşitleri vakslar (balmumu vb.), gliseritler, fosfolipitler, yağ asitleri, yağ alkolleridir (Nedovic et al., 2011).

Enkapsülasyonla izole edilmesi, koruması, yavaş salınım yapması istenen vitaminler, mineraller, enzimler, mikroorganizmalar, antioksidanlar, peptitler, polifenoller, aromalar, yağ asitleri vb. kapsüllenmektedir (Jeyakumari et al., 2016).

2.4.3.1. Arap zımkı

Arap zımkı olarak da bilinen Akasya ağacından üretilen sakız, 5000 yıldır bilinen, ticari olarak kullanılan eksüda gamıdır. Antik çağlarda, Mısır'da boyada ve mumyalamada mineral pigment yapıştırıcısı olarak kullanılmıştır. Güvenli ve doğal olması nedeniyle en önemli gum çeşididir. Gıda, ilaç, kozmetik, tekstil, kâğıt, mürekkep, yapıştırıcı, boya ve baskı alanlarında uygulama alanı bulmaktadır. Arap zımkının yapısı diğer doğal sakızlara göre karmaşıktır. Magnezyum, kalsiyum ve potasyum tuzları formunda oldukça dallanmış, yüksek molekül ağırlıklı ve kompleks polisakkaritlerden oluşur. Arap zımkının bileşimi, toplandığı yerdeki türe, yaşa, habitata, iklime vb. bağılı olarak farklılık gösterebilir. Arap zımkının yapısı, birçok arabinogalakattan biriminin protein zincirine eklenmesiyle oluşan katı küresel bir düzenektir (Prasad et al., 2022). Arap zımkı düşük viskoziteye, yüksek çözünürlüğe, uçucu bileşenleri tutma ve emülsifiye etme özelliğine sahiptir. Bundan dolayı mikroenkapsülasyonda duvar malzemesi olarak kullanılmaktadır (Koç vd., 2010). Arap zımkı karışımlara uzun

süre ısıtıl işlem uygulanınca proteinli bileşikler çökmekte ve gamın emülsiyon kabiliyeti artmaktadır (Erdem vd., 2021).

2.4.3.2. Karragenan

Chondrus, Gigartina, Eucheuma ve Hypnea gibi kırmızı deniz yosunlarının alkali ekstraksiyonu ile oluşan sülfat grubu içeren, suda çözünür yüksek molekül ağırlıklı galaktoz ve anhidrogalaktozdan oluşan anyonik bir polisakkarittir. Karragenan gıdalarda kıvam artırıcı, jelleştirici, dengeleyici ve emülsifiye edici özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır. Karragenan 4-bağlı- α -D-galaktopiranoz ve 3-bağlı- β -D-galaktopiranoz birimlerinden oluşmaktadır. Serbest hidroksil gruplarının sübstitüsyon derecesine göre sınıflara ayrılmaktadır. Sübstitüsyon genellikle sülfat esterinin bağlanmasıyla Kappa (κ)-, Iota (ι)-, Lambda (λ)-, Nu (ν)-, Mu (μ)- ve Theta (θ)-Karragenan olarak adlandırılmaktadır. Farklı Karragenan tipleri farklı yosun kaynaklarından elde edildiğinden kimyasal yapıları ve adlandırmaları farklıdır. Ester sülfat gruplarının sayısı ve konumu ve 3,6-anhidro-galaktoz içeriği Karragenan çeşitlerinin özelliklerini etkileyen faktörlerdir (İnal, 2020).

ι - ve κ -karragenan hidrojelleri kitosan gibi polikasyonlarla kompleks oluşturma ve iyonik çapraz bağlanma ile hücre kapsüllemesi amacıyla kullanılmaktadır (Gasperini et al., 2014).

2.4.3.3. Guar zımkı

En ucuz galaktomannan kaynaklarından biri olan guar zımkı, mannoz ve galaktoz birimlerinin dönüşümlü dallanmış düz zincirlerinden oluşur. Guar zımkı, en yüksek moleküler ağırlığa sahip, suda yüksek oranda çözünebilen doğal bir polisakkarittir. %0,67 azot, %3,5-4 protein, %0,06 fosfor, %1,05 kül, %88,5 suda çözünür polisakkaritler, %7,75 suda çözünmeyen fraksiyon ve %1,5 alkolde çözünür fraksiyondan oluşur (Saya et al., 2021; Jiang et al., 2023).

Guar zımkı esterlerde, yağlarda, alkollerde, hidrokarbonlarda ve ketonlarda çözünmez ancak suda çok iyi çözünür. Suda çok düşük konsantrasyonlarda bile oldukça viskoz bir koloidal çözelti oluşturur. Ancak viskozite ve hidrasyon oranı sıcaklık, pH, konsantrasyon ve yabancı maddelerin varlığından büyük ölçüde etkilenir. Galaktoz yan zincirleri hızla suyla moleküller

arası zincir etkileşimlerine girerek viskozitenin artmasına neden olur; etkileşim, sonunda jel oluşumuna yol açan guar zambının daha fazla eklenmesiyle güçlendirilir (Saya et al., 2021).

Guar zambında çok sayıda hidroksil grubunun varlığı, sulu ortamda yoğun hidrojen bağlanmasına yol açar. Ayrıca, mannoz birimlerine ek dallanmış galaktoz, açığa çıkan hidroksil gruplarının sayısının artmasına neden olur. Bu nedenle guar zambının, hidroksil veya karboksil içeren organik sistemler için iyi bir dağıtıcı ve kil benzeri inorganik sistemler için pıhtılaştırıcı olmaktadır. Ortamda tuzun varlığı, etkileşimleri arttırarak için viskoziteyi arttırır. Ama şeker molekülleri hidrasyon için guar zambı molekülleriyle rekabet eder ve viskoziteyi azaltır (Saya et al., 2021).

2.4.3.4. Aljinat

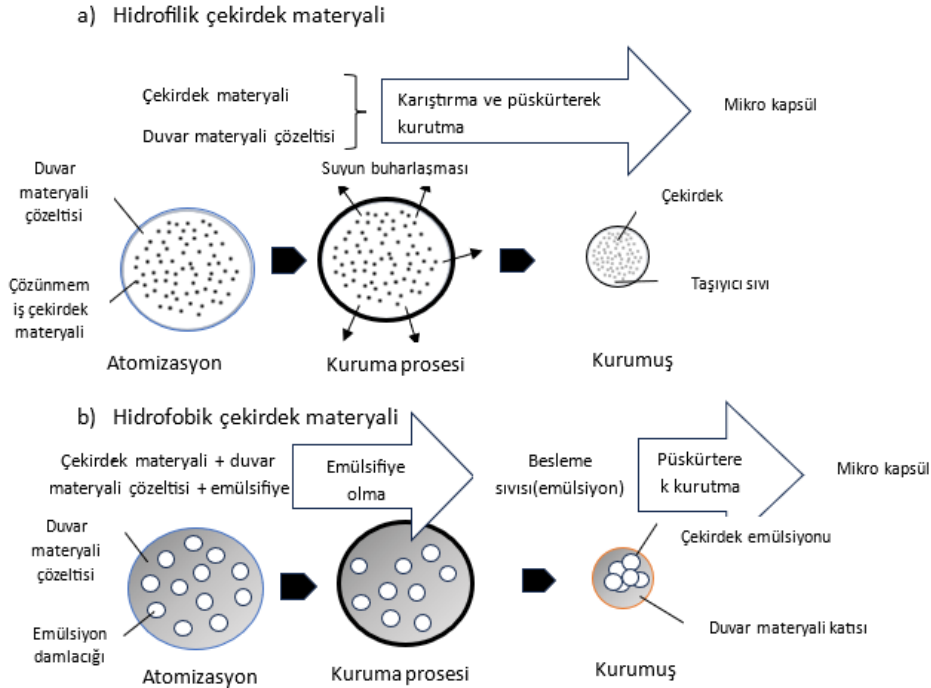
Sodyum aljinat lineer yapıya sahip, biyolojik olarak parçalanabilen, biyolojik olarak uyumlu ve vücut için güvenli olan, dokuya dayanıklılık ve esneklik kazandıran, jelleşme, viskoz ve stabilizasyon özelliklerine ve su tutma özelliğine sahip olması nedeniyle endüstriyel olarak kullanılabilen doğal bir polisakkarittir. Aljinat, *Laminaria hyperborea*, *Ecklonia maxima*, *Ascophyllum nodosum*, *Eisenia bicyclis* ve *Macrocystis pyrifera* gibi kahverengi alglerin hücre duvarından sentezlenebilir ya da *Azotobacter* ve *Pseudomonas* gibi bakteri türlerinden elde edilebilir. Bu kaynaklardan kahverengi alglerden elde edilen aljinatın gıda, ilaç, kozmetik endüstrileri vb. için ticari önemi vardır. Aljinatların kahverengi alglerden ekstraksiyonunda, algler toplanır, kurutulur, parçalanır ve sodyum karbonat, sodyum hidroksit veya alüminyum hidroksit içeren alkali ortamda gerçekleştirilir. Elde edilen ekstrakt, sodyum klorür veya kalsiyum ile çöktirmeye ve filtreleme işlemine tabi tutulur, oluşan çökelti (sodyum/kalsiyum aljinat), seyreltilmiş klorhidrik asit ile işlenerek aljinik asite dönüştürülür ve aljinik asit, kuru sodyum aljinata dönüştürülür. Kullanılmak üzere elde edilen aljinatın, yabancı maddeleri (örneğin ağır metaller, endotoksinler, proteinler, karbonhidratlar ve polifenoller) uzaklaştırmak için kimyasal işlemlere tabi tutulması ve daha sonra toz haline getirilmesi gerekir. Sodyum aljinatın, yapısal olarak iki üronik asidin birkaç ardışık grubundan oluşan bir asit olan aljinik asidin sodyum tuzu olan bir polianyonik kopolimer olduğu kabul edilir. Biyoyumlu ve

biyobozunur polimerler canlı hücrelerle uyumlu oldukları için tercih edilmektedir (Frent et al., 2022).

2.4.4. Mikroenkapsülasyonda kullanılan teknikler

2.4.4.1. Püskürterek kurutma

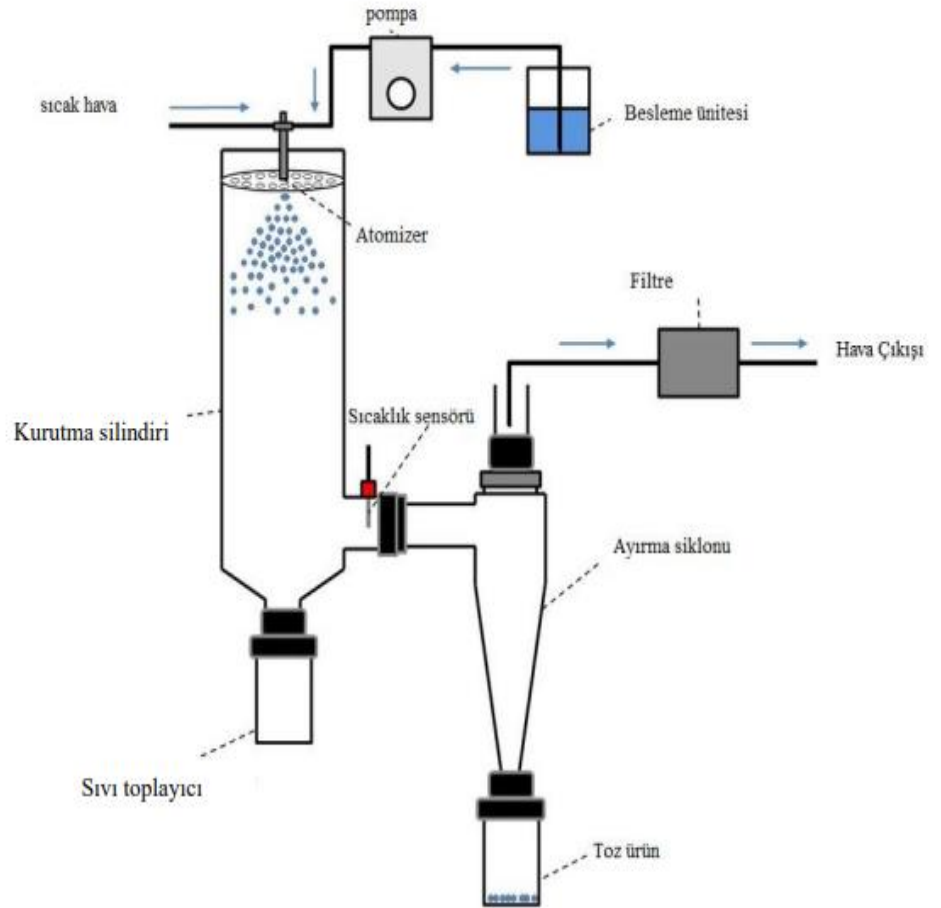
1937 yılında A. Boake Roberts tarafından keşfedildikten sonra, püskürterek kurutma tekniği çeşitli toz aromaların üretilmesinde ve aromatik yağların, vitaminlerin, minerallerin, renklendiricilerin, aroma bileşiklerinin, oleoresinlerin ve enzimlerin kapsüllenmesinde kullanılan en eski, en yaygın ve ekonomik tekniklerden biridir. Genel olarak püskürtmeli kurutma, hazır püskürtmeli kurutmanın ekipmanları kullanılarak yapılmaktadır (Nguyen et al., 2021).



Şekil 2.4. Hidrofilik ve hidrofobik çekirdeğin mikroenkapsülasyonu (Furuta ve Neoh, 2021)

Hidrofobik ve hidrofilik olarak iki tür çekirdek malzemesi vardır. Hidrofilik çekirdeklerin mikrokapsüllenmesi için, akışkan besleme, çekirdek malzemesinin çözünmüş duvar malzemesiyle basitçe karıştırılmasıyla oluşturulur, hidrofobik çekirdekler için besleme sıvıları, Şekil 2.4'te gösterildiği gibi emülsifiye edilmiş çekirdek malzemeleri ve çözünmüş duvar malzemelerinin karışımlarıdır.

Püskürtmeli kurutucu, besleme pompası, atomizör veya püskürtme memesi, hava ısıtıcısı, hava dağıtıcısı, kurutma odası, egzoz havasını temizleme ve toz geri kazanımı için sistemler gibi bileşenlerden oluşur. Püskürtmeli kurutma işlemi Şekil 2.5'teki gibi besleme, sıcak gaz akışının aktığı kurutma odasına atomize edilir veya püskürtülür. Küçük damlacıklar sıcak gazla temasa girdiğinde, duvar malzemesinin çözündüğü solvent hızla buharlaşır ve duvar malzemesi çekirdek molekülleri etrafında katılaşır. Püskürterek kurutulmuş toz parçacıklarının morfolojisi, matris tipinde veya içi boş tiptedir, yani çekirdek malzemesi, hidrofobik çekirdeğin çok sayıda küçük damlacıkları veya hatta duvar malzemesi matrisi üzerine yayılmıştır (Furuta and Neoh, 2021).



Şekil 2.5. Püskürterek kurutma yöntemi (Peng et al., 2017)

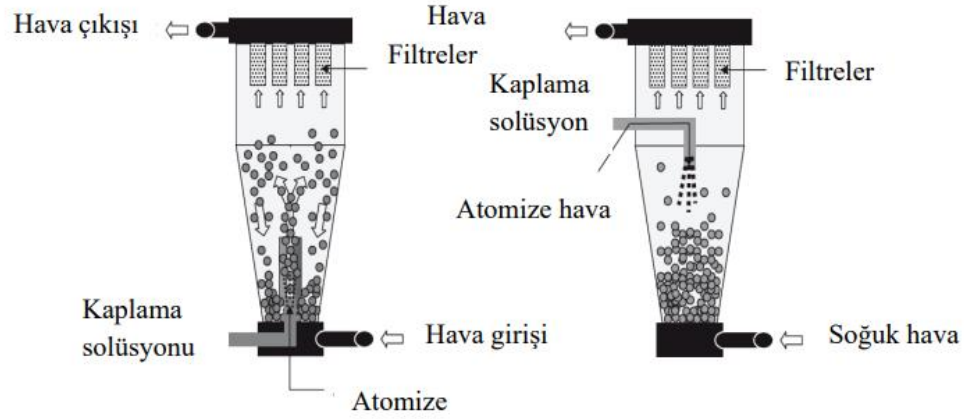
2.4.4.2. Liyofilizasyon (Dondurarak kurutma)

Liyofilizasyon işlemi, solventin dondurulduğu ve daha sonra vakum altında süblimasyon yoluyla uzaklaştırıldığı bir kurutma işlemidir. Dondurarak kurutma

üç aşamaya ayrılabilir: dondurma (katılaşma), birincil kurutma (buz süblimasyonu) ve ikincil kurutma (donmamış suyun desorpsiyonu). Kurutma işleminin en iyi şekilde yürütülmesini sağlamak için ürünün termofiziksel (ötektik sıcaklık, cam geçiş sıcaklığı, çökme sıcaklığı) özelliklerinin önceden belirlenmesi gerekir. Bu termofiziksel özellikler, liyofilizasyonu geliştirmek ve en yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde etmek için proses parametrelerinin belirlenmesinde kullanılır. Dondurma, liyofilizasyon işleminin ilk aşamasıdır. Bu adım sırasında preparat soğutulur ve saf suyun buzla çekirdeklenmesi meydana gelir. Dondurma işlemi devam ettikçe preparatın içerdiği su moleküllerinin sayısı giderek artarak buz kristallerine dönüşmeye başlar. Bu, çözünen maddelerin konsantrasyonunda bir artışa yol açar ve viskozitede artar. Donma aşaması atmosferik basınçta gerçekleşir. Birincil kurutma aşaması donmuş üründen buzun süblimleşmesini içerir. Bu işlemde ısı raftan donmuş çözeltiye aktarılır. Buz süblime olur ve oluşan su buharı ürünün kurutulmuş kısmından geçer (kurutma şişenin tepesinden dibine doğru başlar). Süblimleşme aşamasının sonunda gözenekli bir tıkaç oluşur. Gözenekler buz kristallerinin kapladığı boşluklara karşılık gelir. Bu aşamada basınç azalır. İkincil kurutma, adsorbe edilen suyun üründen uzaklaştırılmasını içerir. Katı maddedeki suyun moleküler hareketi süblimleşme aşamasına göre daha yüksek bir sıcaklık ve daha düşük bir basınç uygulayarak gerçekleştirilmektedir (Degobert and Aydin, 2021).

2.4.4.3. Akışkan yatak kaplama

Akışkan yataklı mikro kapsülleme, parçacıkların atomize edici bir ağızlık boyunca düzgün bir şekilde dolaşımını sağlamak için akışkanlaştırıcı havanın kullanılmasına dayanmaktadır. Bu nozul, düşük sıcaklıkta katılaşan duvar malzemesini atomize etmek için kullanılır. Partiküllerin uygun bir şekilde sirkülasyonu, akışkan yataktaki tüm partiküllerin tekdüze bir kaplama elde etmesini sağlamaktadır. En yaygın kullanılan teknik, alttan püskürtme (Wurster) akışkan yataklı işlemdir. Nozülün akışkan yatağının tabanına yerleştirilmesi, küçük parçacıklar üzerinde en düzgün filmi sağlar ve kaplamada topaklanmayı en aza indirir (Mirzamani et al., 2021).



Şekil 2.6. Akışkan yatak kaplama yöntemi (Akca, 2021)

Gıda, ilaç ve kimya sektörlerinde, kurutma, granülasyon ve partikül kaplama gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojinin spray aglomerasyonu (granülasyon veya kaplama işlemi) için kullanılması, akışkan dinamiği, ısı ve kütle transferi olaylarının eş zamanlı olarak etki ettiği karmaşık, çok aşamalı bir işlemdir. Sistem performansı ve ürün özellikleri, sistem tasarımı ve çalışma koşulları (örn. sürekli veya aralıklı çalışma modu, gaz akışı, işlem sıcaklığı), besleme bileşiminin özellikleri (örn. katı madde içeriği, viskozite, yapışkanlık), çekirdek parçacıklarının özellikleri (yani yoğunluk, boyut, buruşukluk, aşındırıcılık vb.) gibi çeşitli işlem değişkenlerinden etkilenir (Benelli and Oliveria, 2019).

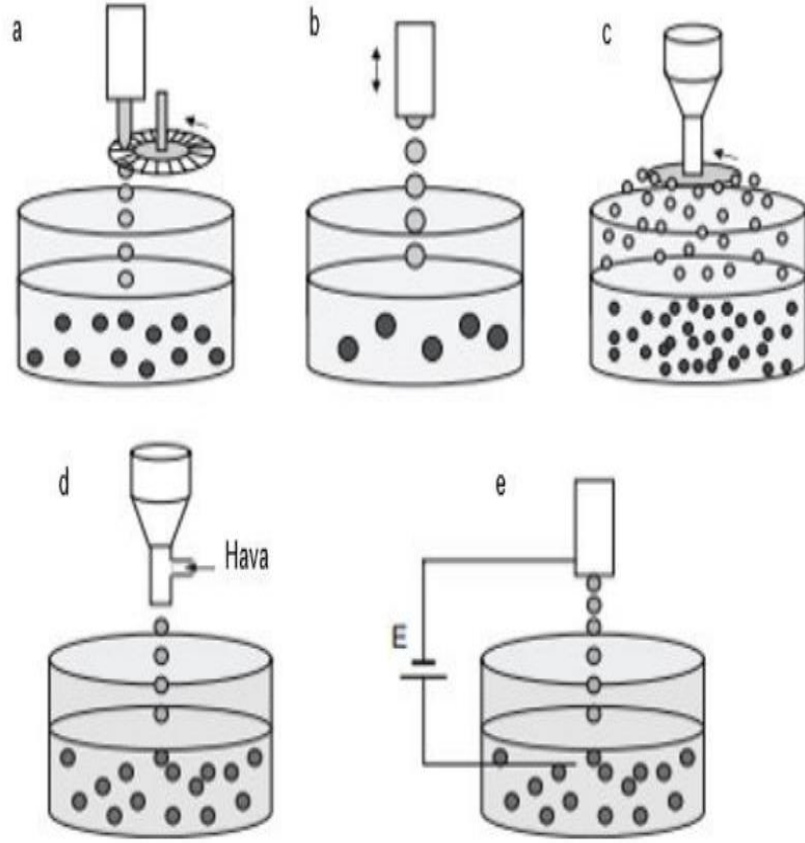
Bu mikrokapsülleme tekniğinde Şekil 2.6'da gösterildiği gibi çekirdek parçacıklarının yüzeyine sıvı formundaki kaplama püskürtülür ve daha sonra buharlaştırma yardımıyla parçacık yüzeyinde bir dış katman oluşturularak mikrokapsüllenmiş bir malzeme elde edilir. Üst spray, alt spray ve teğetsel spray olmak üzere üç tip akışkan yataklı kaplama kullanılır. Çekirdek parçacıkları sıcak havanın yukarı doğru akışında dağıtılır. Hava akımındaki çekirdek parçacıkları optimum sıcaklığa ulaştıktan sonra, atomize sis formundaki kaplamayla odanın üst kısmından püskürtülür ve kaplamanın katılma (sıcak eriyiklerde) ve buharlaşma (solvent bazlı) yoluyla sertleşmesini sağlar. Çekirdek malzemenin yüzeyi üzerinde, bitmiş bir mikrokapsüllenmiş malzeme elde edilir. Bu yöntem yüksek sıcaklık gerektirmez, dolayısıyla enerjiden ve zamandan tasarruf sağlar.

Akışkan yataklı kaplama uygun maliyetli bir işlemdir. Ayrıca parçacığın boyutu kontrol edilebilmekte ve tekdüze boyutlu bir parçacık elde edilmektedir. Bu yöntemin tek dezavantajı, ısıya duyarlı mikro ve makro besinlere ve diğer biyoaktif bileşiklere zarar veren yüksek sıcaklıktır (Singh et al., 2022).

2.4.4.4. Ekstrüzyon

Ekstrüzyon teknolojisi, malzemeyi çeşitli koşullar altında (yüksek ve düşük sıcaklık, yüksek ve düşük nem, yüksek ve düşük hız), farklı çaptaki bir delikten önceden belirlenmiş bir hızda akmaya zorlayarak farklı tipte ürünler elde etmeyi gerektiren bir işlemdir. Ekstrüzyonda kısa süre (1 dakika) yüksek sıcaklık (80-150°C) uygulaması biyoaktif bileşiklerin çoğunun ısıya dayanıksız olması nedeniyle dezavantaj olmaktadır. Ekstrüzyon tekniği çevre dostudur, bu teknikte atık su üretilmemektedir. Ekstrüzyon işlemlerine yardımcı olan makine olan ekstruder, sonunda kalıp bulunan bir varil içerisine sıkıca oturan bir veya iki adet dönen vidadan oluşur. Ekstruderlerin çalışma prensibi Şekil 2.7’de gösterildiği gibi hammaddelerin bir besleyici aracılığıyla beslenmesini ve vidaların onu kalıba ve kesiciye doğru itmesidir. Spesifik ekstruderler, ön koşullandırma sistemi, besleme sistemi, vidalar, namlu, kalıp ve kesme mekanizması olmak üzere altı parçadan oluşabilir. Bunların seçimi kullanılan hammaddelere ve nihai ürünün özelliklerine bağlıdır. Ekstrüzyon teknolojisi beş türe ayrılabilir: Sıcakta eriyen ekstrüzyon, eriyik enjeksiyonu, santrifüj/ko-ekstrüzyon, elektrostatik/elektrospinning, gazla doymuş çözeltiden parçacık ekstrüzyonu. Birinci tip ekstrüzyonda, istenilen son ürünün türüne bağlı olarak tek veya çift vidalı olabilen vidayı kullanılır. Ekstrüzyonda ayarlanan sıcaklığı düzenleyen bir termostata bağlı bir haznesi vardır. Eriyik enjeksiyonu, Santrifüjlü ve Elektrostatik Ekstrüzyon, farklı tip kuvvet ve kalıpların kullanıldığı vidasız ekstrüzyon şeklidir. Eriyik enjeksiyonlu ekstrüzyon, biyoaktif bileşiğin erimiş duvar malzemeleri içinde hapsedilmesini sağlayan düşük sıcaklıkta gerçekleştirilen ekstrüzyon teknolojisidir. Santrifüjlü ekstrüzyonda, eş merkezli deliklerin içine doldurulan biyoaktif bileşiği, dönen silindirin dış çevresindeki duvar malzemesine itmek için merkezkaç kuvvetini kullanılmaktadır. Elektrostatik ekstrüzyon iğne düzenekli ve elektrostatik yüklerle uygulanan bir sistemdir. Biyoaktif bileşikler, elektrostatik kuvvetle ekstrüzyon iğnesi yoluyla sertleştirici bir çözeltiye doğru kuvvet uygular ve elektrostatik yükler bunun

içinden geçer, böylece biyoaktif bileşiği kapsüller (Bamidele and Emmambux, 2021).

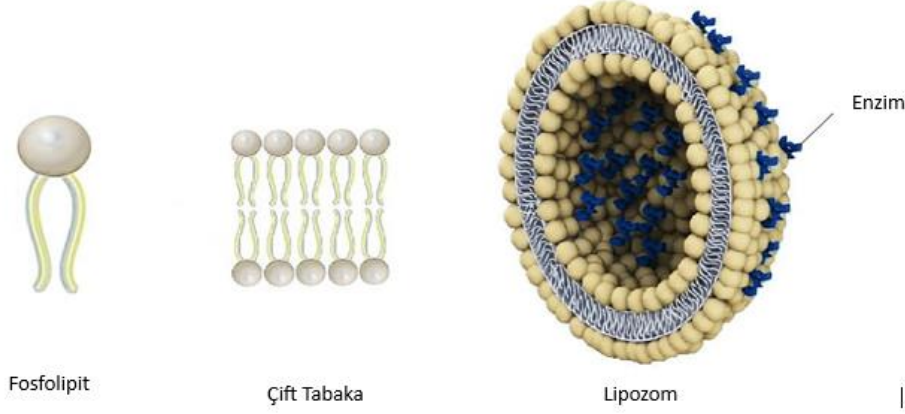


Şekil 2.7. Ekstrüzyon yönteminde kullanılan damlatma araçları. a) jet-kesici b) pipet veya iğne c) püskürtücü d) eş eksenli hava akışı e) elektriksel alan (İnan-Çinkır vd., 2019)

2.4.4.5. Lipozom kaplama

Lipozomal tutuklama, mikro ve nano ölçekte üretilebilen lipid bazlı kapsülleme sistemlerinden biridir. Bu yöntem lipofilik/hidrofilik özelliklerinden dolayı peptitler, enzimler, antioksidanlar, antimikrobiyaller, esansiyel yağ asitleri ve vitaminler gibi farklı bileşiklerin kapsüllemesinde kullanılır. Lipozom, amfifilik moleküller tarafından bir araya getirilen küresel bir kabuk yapısına sahiptir. Bir fosfolipit, hem hidrofilik (kutup başı) hem de hidrofobik (yağ asidi zinciri) gruplara sahip olan lipozom yapısında önemli bir bileşendir. Suyu bir fosfolipit eklendiğinde, bir veya daha fazla fosfolipit çift katmanı suyu çekirdek olarak çevreler ve bu da Şekil 2.8'de gösterildiği gibi lipozomların oluşumuyla

sonuçlanır. Bu lipozom, hem suda çözünebilen (hidrofilik) hem de yağda çözünebilen (hidrofobik) bileşikleri kapsülleme de uygundur. Lipozomal sistemler, gıda işlemede fazla yüzey alanı oluşturur, bu da ürünün çözünürlüğünü ve biyoyararlanımını artırır.



Şekil 2.8. Lipozomun oluşumu (Mohammadi et al., 2021)

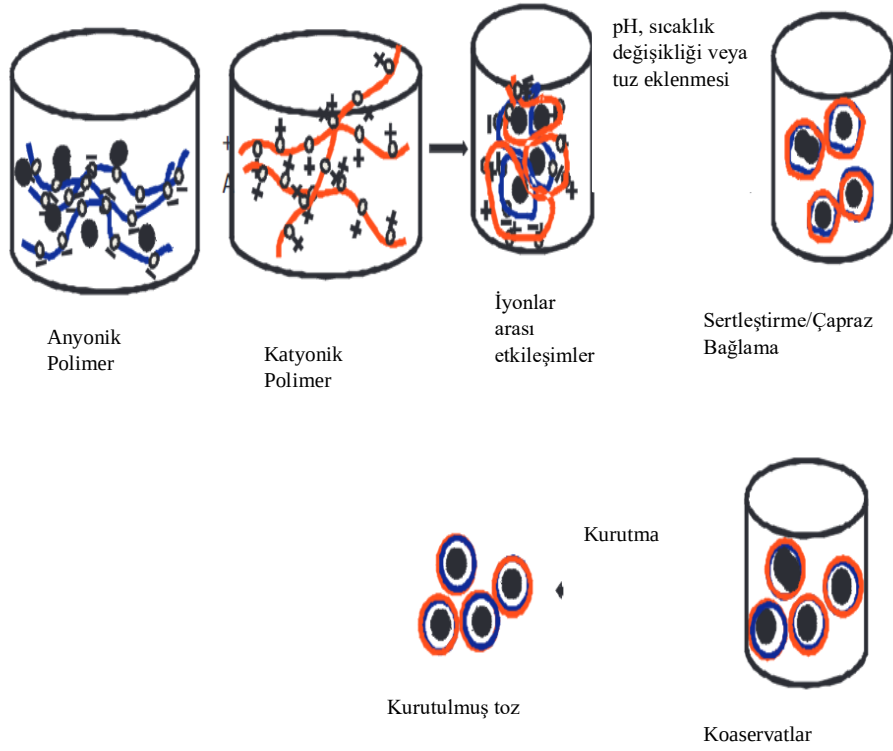
Lipozomal taşıyıcılar hem lipofilik hem de hidrofilik bileşikleri birlikte kapsülleyebilme yeteneği, kapsüllenmiş materyallerin çevresel streslere karşı korunması, yüksek stabiliteleri nedeniyle gıdada kullanıma uygundur. Kapsülleme verimliliği lipozomların formülasyonuna ve hazırlama yöntemlerine bağlıdır (Mohammadi et al., 2021).

2.4.4.6. Koaservasyon

Koaservasyon, kontrollü koşullar altında ortamın değiştirilmesi (pH, iyonik kuvvet, sıcaklık, çözünürlük gibi) sonucu oluşan faz ayrılma sürecini belirtmek için kullanılır. Kolloid açısından zengin olan faz koaservat fazı olarak adlandırılır, çok az miktarda kolloidi içeren faz ise denge fazı olarak adlandırılır. Koaservasyon ikiye ayrılır: bunlar basit ve kompleks koaservasyondur. Basit koaservasyonda tek bir polimer vardır ve koaservatlar, tuz veya desolvasyon sıvısı (ayrıca koaservasyon ajanı veya indükleyici ajan) eklenmesi nedeniyle oluşan bir dehidrasyon sonucu meydana gelir. Basit koaservasyon, jelatinin çözeltisine sodyum sülfat (Na_2SO_4) veya etanol eklenmesi durumunda meydana gelen faz ayrılmasıdır. Kompleks koaservasyonda, proteinler ve polisakkaritler gibi iki veya daha fazla zıt yüklü polimer arasındaki iyonik etkileşimler koaservat oluşturur ve

faz ayrımına neden olur. Kompleks koaservasyonda reaksiyon ortamında bulunan yüklü makromoleküller arasındaki elektrostatik etkileşim, van der Waals bağları, dipol proteinlerde hidrofobik etkileşim ve hidrojen bağları rol oynar. 'Koaservat' terimi ilk kez 1623 yılında kullanılmış ve koaservasyon süreci 1911 yılında F.W.Z. Tiebackx tarafından tanımlanmış, daha sonra 1920'lerde ve 1940'larda Bungenberg de Jong ve Kruyt tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalarda, model biyopolimerler olarak jelatin ve akasya sakızı kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamada ise ilk kez 1950'lerde karbonsuz çoğaltma kâğıdı sentezi için Barrette Green tarafından kullanılmıştır. Şu anda koaservasyon, gıda ve ilaç endüstrisinde kullanılan kapsülleme yöntemlerinden biridir. Koaservasyon yöntemiyle kapsülleme işlemi sırasında, koaservat polimer, etkin maddeyi (çekirdek) çevreleyen bir kabuk oluşturarak kapsüllenmiş çekirdeğin çökmesine neden olur. Gıda malzemesi kapsüllemeye kompleks koaservasyon sistemi kullanılmaktadır. Başta proteinler ve polisakkaritler olmak üzere iki zıt yüklü biyopolimerin kullanılır ve bunlar çekirdeği çevreleyen karmaşık bir kabuk oluşturabilir. Proteinler, jelatin, peynir altı suyu proteinleri, yumurta albümini ve ipek fibroin gibi hayvansal kökenli veya soya proteini, bezelye proteini, buğday proteini, mercimek proteini ve chia proteini gibi bitkisel kaynaklı olabilir. Polisakkaritler ise aljinat, kitosan, arap zımkı, pektin, agar, karragenanlar ve karboksimetil selüloz olabilir. Jelatin ve arap zımkı ilk kullanılan tarihi biyopolimerler olarak bilinir (Timilsena et al., 2019).

Kompleks koaservasyon, yiyecek malzemelerini kapsüllenmesinde kullanılan basit, düşük maliyetli, tekrarlanabilir, ölçeklenebilir, yüksek kapsülleme verimliliği sağlayan bir yöntemdir. Karmaşık koaservasyon, çözücüyü, aktif maddeyi ve kaplama malzemesini içeren üç fazlı bir sistemdir. Genel olarak bu işlem Şekil 2.9'da gösterildiği gibi dört adımı içerir: (1) İki veya daha fazla polimerin sulu çözeltisinin hazırlanması, (2) Sulu bir polimer çözeltisine hidrofobik bir fazın karıştırılması, (3) koaservasyonu ve faz ayrımını indüklemek için belirli bir seviyede pH ve sıcaklık değişikliği, (4) polimer matrislerinin sertleştirilmesi (Timilsena et al., 2019).



Şekil 2.9. Kompleks koaservasyon tekniği (Timilsena et al., 2019)

2.4.4.7. Emülsifikasyon

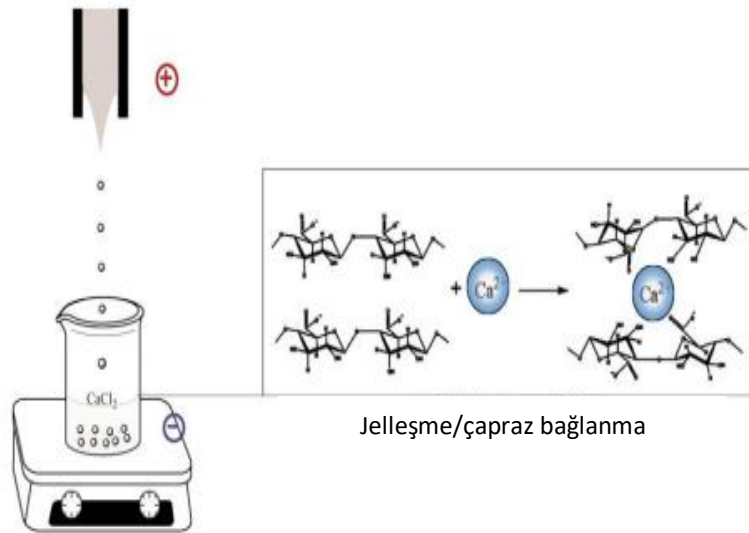
İki sıvıdan biri diğerinde ince damlacıklar şeklinde dağılmış, iki ya da daha fazla karışmayan sıvının karıştırılması olan emülsifikasyon, mikroenkapsülasyonda çekirdek maddeyi mikro boyuta indirgemektedir (de Vos et al., 2010).

Emülsifikasyon yöntemlerinin partikül boyutu veya morfoloji dağılımı farklı olmaktadır. Bazı durumlarda geniş boyutlu, tekdüze olmayan partiküller elde edilir, bu durum ilaç ve gıda gibi uygulamalarda kullanımı kısıtlar. Parçacıkların ortalama boyutu, kapsülleme işleminin stabilitesi ve verimliliğinde çok önemli bir faktördür. Büyük parçacıklar, küçük parçacıklara göre daha iyi koruma sağlar ancak gıda matrisinde düşük dağılım gösterirler. Ayrıca, çok küçük boyutlardaki parçacıklar kapsülleme verimliliğinde zorluklara neden olur. Emülsiyonların hazırlanmasında çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bunlar genellikle geleneksel emülsifikasyon yöntemleri (koloid değirmeni, yüksek hızlı karıştırıcı, yüksek basınçlı homojenleştirici ve ultrasonik homojenleştirme) ve yeni ürünlerin

tasarımı için ortaya çıkan membran emülsifikasyonu olarak sınıflandırılır (Reis et al., 2022).

2.4.4.8. İyonik jelasyon

Proteinlerin nano kapsüllenmesine yönelik iyonik jelasyon ilk olarak Calvo et al. (1997) tarafından tanımlanmıştır. Calvo et al. (1997) sodyum tripolifosfat varlığında kitosan nanopartiküllerinin sentezi için çalışma yapmışlardır. Burada seyreltilmiş asitlerin varlığında kitosanın katyonik davranışından ve tripolifosfatın polianyonik karakterinden yararlanılmaktadır. Pozitif yüklü kitosan amino grupları, negatif yüklü fosfat gruplarının varlığında hidrojeller oluşturarak çapraz bağlanır. Karışımın her reaktif için belirli bir konsantrasyon aralığında sürekli karıştırılmasıyla nanopartiküller kendiliğinden ortaya çıkar. Calvo et al. (1997) tarafından kullanılan prosedür hala değişmemiştir ve ancak Şekil 2.10'da gösterildiği gibi farklı iyon çiftlerine uygulanmıştır. Kitosan, aljinat, karboksimetil selüloz ve gellan sakızı gibi polimerler ve sodyum, kalsiyum ve magnezyum tuzları gibi iyonik türler birleştirilmiştir (Pedroso-Santana and Fleitas-Salazar, 2020).



Şekil 2.10. İyonik jelasyon tekniği (Çoruhli, 2013)

2.4.5. Biyoaktif bileşiklerin mikroenkapsülasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar

Biyoaktif bileşiklerin mikroenkapsülasyonu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Biyoaktif bileşiklerin mikroenkapsülasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar

Biyoaktif bileşik, Kaynak, Teknik, Duvar Materyali	Sonuçlar	Referans
Biberiye Yağı Ticari Emülsiyon Dondurarak Kurutma Peynir altı suyu proteini ve maltodekstrin	Peynir altı suyu proteini: maltodekstrin oranının artışıyla hem kurutma hem de kapsülleme verimi arttığını ve en yüksek kurutma ve kapsülleme verimliliği 1:20 çekirdek/kaplama oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Maltodekstrinin DE değerinin değiştirilmesinin, kapsüllerin partikül boyutu dağılımları ve yüzey morfolojileri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir.	Turasan et al., 2015
İdris otu yağı İdris otu Kompleks koaservasyon Jelatin ve Sodyum aljinat	En iyi kapsülleme koşulları %4 jelatin ve %10 idris otu yağı kullandıklarında bulmuşlardır ve %83,5 mikrokapsülasyon verimiyle sonuçlanmışlardır. Tabaklanmış deri atığından elde edilen jelatin ile mikroenkapsülasyonu en iyi kapsülleme koşullarına göre yapmışlardır ve %73,7 verimlilikle sonuçlanmışlardır.	De Matos et al., 2018
Esansiyel yağ Kırmızı ve Beyaz kekik yağı Kompleks koaservasyon Poli (laktik-ko-glikolik) asit	Mikroskopi ve partikül boyutu analiziyle, yuvarlak şekilli, pürüzsüz yüzeylere, ~45–49 µm arasında partikül çaplarına ve ~3,5 µm duvar kalınlıklarına sahip mikrokapsüllerin varlığını tespit etmişlerdir. Kekik yağının (hem kırmızı hem de beyaz) küresel kapsülleme verimliliğini sırasıyla %70 ve %57 bulmuşlardır. Üretilen mikrokapsüllerde, kozmetik uygulamalar için arzu edilen bir düzeyde antimikrobiyal aktivitenin sürdürülmesini sağlayan sürekli bir yağ salımı sergilediğini gözlemlemişlerdir.	Moreira et al., 2016

Resveratrol Ticari Emülsiyon Aljinat	Resveratrol için kapsülleme verimliliğini %24,5 bulmuşlardır. Aljinat, genel olarak güvenli olarak kabul edilmektedir ve bu nedenle gıda ürünlerine resveratrolün katılması için iyi bir potansiyele sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.	Istenic et al., 2015
Prosiyanidinler Litchi perikarp Lipozomal enkapsülasyon Kolesterol ve yumurta sarısı lesitini	Oligomerik prosiyanidinlerin en yüksek kapsülleme verimliliğini (%90,92), yük oranı %2 olduğunda elde etmişlerdir. Lipozomların transmisyon elektron mikroskobu altında küresel ve 4°C'de stabil olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu kapsülasyonun depolama sırasında oligomerik prosiyanidinlerin antioksidan aktivite kaybını etkili bir şekilde azalttığını tespit etmişlerdir.	Luo et al., 2020
Polifenolce zengin ekstrakt Yulaf kepeği Kompleks koaservasyon Peynir altı suyu proteini ve maltodekstrin	%95,28'lik en yüksek kapsülleme verimliliğini, 60:40 oranında peynir altı suyu proteini/maltodekstrin duvar materyali kullandıklarında tespit etmişlerdir. Kapsül içinde kaplanmış polifenollerin salım yüzdesinin, 2 saatlik sindirim simülasyonundan sonra %70 ile %83 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Peynir altı suyu proteini kullanımının bir duvar malzemesi olarak polifenollerin enkapsülasyonu için faydalı olabileceğini kanıtlamışlardır.	Bannikova et al., 2020
Betalainler Opuntia ficus-indica Kaktüs meyvesi Püskürterek kurutma Maltodekstrin ve kladod müsilaaj	Meyveden ekstre ettikleri betalainleri maltodekstrin+kladod müsilaaj ve sadece maltodekstrin ile kapsüllemişlerdir. Kladod müsilaaj eklenmesinin kapsülleme verimliliğini artırdığını, nem içeriğini azalttığını, daha homojen boyutta küre partiküller elde edilmesini sağladığını gözlemlemişlerdir. Bunların gıdada doğal renklendirici olarak kullanılabileceğini gözlemlemişlerdir.	Otálora et al., 2015
Likopen Ticari Lipozomal enkapsülasyon Soya lesitini, kolesterol	Formülasyonları, partikül boyutu, yakalama verimliliği, ilaç salımı ve in vivo aktivite açısından değerlendirmişlerdir. Optimize edilmiş formülasyonun partikül boyutunun, 255,15 nm boyutunda ve kapsülasyon verimliliğinin %78,9 olduğunu ve salınımı 12 saatte %49,5'e kadar sürdüren stabil bir formülasyon oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. İn vivo çalışmanın sonuçlarında, bir deney hayvanında önemli kardiyo-koruyucu aktivite gözlemlemişlerdir. Yukarıdaki sonuçlardan,	Jhan et al., 2020

	likopenin lipozomal enkapsülasyonunun ilacın sürekli salımı için etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.	
B-Karoten Ticari Püskürterek kurutma Arap zambkı	Wistar sıçanlarında saf ve mikrokapsüllü β -karotenin antijenotoksik potansiyelini karşılaştırılmışlardır. Mikrokapsüllü β -karotenin koruyucu özelliklerini kaybetmediğini, ancak antijenotoksik etkileri gözlemlemek için daha yüksek dozlar kullanılması gerektiği sonucuna varmışlardır.	Aissa et al., 2012
B-Karoten Ticari Dondurarak Kurutma Doğal ve Hidrolize pinhão nişastası	Doğal nişasta ile hazırlanan mikrokapsüllerin, depolama sırasında en düşük stabiliteyi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Buna karşılık, 12 dekstrozu eşdeğeri (DE) hidrolize nişasta ile kapsüllenmiş mikrokapsüllerin en yüksek stabiliteyi sergilediğini gözlemlemişlerdir.	Spada et al., 2012

2.4.6. Mikroenkapsülasyonu yapılan biyoaktif bileşiklerin gıdalara eklenmesiyle ilgili yapılan çalışmalar

Papillo et al. (2019) yaptıkları bir çalışmada kakao kabuklarından ekstrakte edilen polifenoller, püskürterek kurutma tekniğiyle (Giriş sıcaklığı 150°C, besleme akış hızı 7 ml/dk, hava akışı 40 m³/saat, çıkış sıcaklığı 80°C), maltodekstrin ve Arap zambkı duvar materyaliyle mikroenkapsüle edip bisküvi hamuruna eklemişler ve bisküvileri pişirmişlerdir. Toplam fenolik madde içeriğine ve stabilitelerini 90 gün boyunca koruyup korumadığına bakılmıştır. Maltodekstrin:kuru ekstrakt (80:20) ile yapılan mikroenkapsülasyonda, toplam fenolik madde içeriği pişirme işleminden etkilenmemiştir. Unlu mamullerin polifenollerce zenginleştirilmesi için püskürterek kurutulmuş kakao kabukları ekstraktının kullanılabileceği görülmüştür.

El- Messery et al. (2019) yaptıkları bir çalışmada elma kabuğundan ekstrakte edilen polifenolik bileşikler, maltodekstrin ve peynir altı suyu proteini duvar

materyali kullanarak, iki farklı homojenizasyon yöntemiyle (ultraturax ve ultrasonifikasyon), iki farklı teknik dondurarak kurutma (48 saat) ve püskürterek kurutma (Giriş sıcaklığı 150°C, çıkış sıcaklığı 50°C) ile enkapsüle etmişler ve oluşan enkapsüle polifenolik bileşikleri yoğurt üretirken yoğurda katmışlardır. Ultrasonikasyonla homojenize edilen ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüller yoğurda ilave edilince, kapsüllenmemiş bileşiklere göre daha stabil olduğu görülmüştür. Enkapsüle polifenolik bileşik ilave edilen yoğurdun fizikokimyasal özellikleri (pH, titre edilebilir asitlik ve viskozite gibi) daha hafiftir. Sağlıklı yoğurt üretiminde, mikroenkapsüle polifenolik bileşikler kullanılabileceği görülmüştür.

Grassia et al. (2021) yapmış oldukları çalışmada kakao kabuklarından ekstrakte edilen fenolik bileşikler farklı konsantrasyonlarda maltodekstrin duvar materyali ile iki farklı koşulda püskürterek kurutma (6 ve 9 ml dk⁻¹ besleme hızı, giriş sıcaklıkları 120 ve 150°C: hava akışı 28 m³ h⁻¹ oranı) yöntemiyle enkapsüle edilmiş ve elde edilen enkapsüle bileşikler çikolatanın antioksidan özelliklerini artırmak üzere çikolataya ilave etmişlerdir. Çekirdek-kaplama oranı 1:5; giriş sıcaklığı 150°C; akış hızı 6 ml/dk püskürterek kurutma yönteminde en iyi mikrokapsüller elde etmişlerdir. Zenginleştirilmiş çikolata ile zenginleştirilmemiş referans çikolata arasında duyusal analizde görünüş hariç önemli bir fark gözlememişlerdir. Hızlandırılmış depolama testleri sonucunda doğrudan polifenoller ilave edilen kontrol polifenol miktarında %50 oranında azalma gözlenirken, mikroenkapsüle polifenoller ilave edilen çikolatada %22 oranında polifenol miktarında azalma gözlemişlerdir. Bu yöntemin çikolatayı acılaştırmadan fenolik bileşiklerle önemli ölçüde zenginleştirdiği görülmüştür.

Baldin et al. (2018) yapmış oldukları bir çalışmada maltodekstrin ile püskürmeli kurutucuda (Hava akışı 40 L/dak, giriş sıcaklığı 150°C'ye ve besleme akış hızı 30 ml/dak) Jabuticaba sulu ekstraktını enkapsüle etmişler, doğal bir boyaya Mortadella sosisine eklemişler ve depolama süresince fizikokimyasal özellikler, lipid oksidasyonu, mikrobiyolojik kriterler açısından stabilitesini ve duyusal kabul kriterlerini incelemişlerdir. Mikroenkapsüle Jabuticaba ekstraktı yüksek antosiyanin içeriğine sahiptir. Mortadella sosisine mikroenkapsüle Jabuticaba ekstraktı ilave edilince kırmızılık, sarılık, pH değeri, aroması ve renk kabul değerleri azalmıştır. Mikroenkapsüle Jabuticaba ekstraktının mortadella

sosisinde doğal bir boya olarak kullanılabileceği görülmüştür ve antioksidanlarla zenginleştirilmiş et ürünü oluşmuştur.

Jansen-Alves et al. (2018) yapmış oldukları bir çalışmada propolis özü pirinç, bezelye, soya ve ovalbümin proteini ile püskürterek kurutma yöntemiyle (giriş sıcaklığı 120°C, 72±3°C çıkış sıcaklığı, 0,40 m³dk⁻¹ hava akışı, besleme akış hızı 0,40 m³dk⁻¹, ve 3 mm meme çapı.) mikroenkapsüle edilmiş ve elde edilen mikrokapsüller puding hazırlarken ve Mines Frescal peynir hazırlarken kullanılmıştır.

Elde edilen verile göre en yüksek kapsülasyon verimi pirinç proteini ve bezelye proteini ile kaplanan propolis özütlerinde sırasıyla (%90,20) ve (%89,25) olarak tespit edilmiştir ve propolisin antioksidan aktivitesini korumuştur. Soya ve bezelye proteini ile üretilen mikrokapsüllerde daha yüksek termal kararlılık gözlemlenmiştir. Düşük higroskopiklik göstermeleri (ovabumin %10,95, bezelye proteini %7,35, soya proteini %13,45) ve düşük a_w (<0,31) sahip olmaları nedeniyle depolamaya uygundur. Pirinç proteini yüksek higroskopiklik nedeniyle depolarken önem alınmalıdır. Bezelye proteiniyle kaplanmış mikropartiküller Mines Freskal için uygun olup, diğer mikropartiküllerin pudinglerde kullanılabileceğini görmüşlerdir.

Zokti et al. (2016) yaptıkları çalışmada yeşil çay ekstraktları maltodekstrin, Arap zıncı ve kitosan ile püskürterek kurutma tekniği ile (150±5°C çıkış sıcaklığı, besleme akış hızı 15 ml/dak) mikroenkapsüle edilmiştir ve edilen mikrokapsüller mango içeceğine ilave edilmiştir. Kapsüllenmiş bileşikler eklenen mango içeceği kapsüllenmemiş bileşikler eklenen içeceğe göre daha stabildir. Sağlık için fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kapsüllenmiş yeşil çay ekstraktının mangoya ilave edilerek kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Spinelli et al. (2016) yaptıkları çalışmada bira üretiminde kullanılmış tahıllardan elde edilen biyoaktif bileşikler (polifenoller ve flavonoidler), modifiye nişasta duvar materyali kullanılarak püskürterek kurutma (farklı sıcaklık (90–120–150°C) ve farklı ekstrakt ile duvar materyali oranı (1:2; 1:4; 1:6; 1:8)) ile enkapsüle etmişler ve elde edilen kapsüller balık burger formülasyonuna ilave edilmiştir. Çalışma parametreleri içinde en iyi kombinasyon 150°C'de %5 mikroenkapsüllü bira üretiminde kullanılmış tahıl ekstraktı ve 1:2 oranında

modifiye nişasta çözeltisi içeren kombinasyon olarak seçilmiştir. Mikrokapsül ilaveli balık burgerın antioksidan özellikleri, polifenoller (%30) ve flavonoidler (%50) açısından kontrol gruplarına göre daha zengin bulunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışması üzüm çekirdeği yağının kompleks koaservasyon tekniği ile mikroenkapsülasyonu ve mikroenkapsüle üzüm yağı partiküllerinin kütlece %20- %30- %35 oranlarında Türk kahvesine ilave edilmesini kapsamaktadır.

3.1.1. Kullanılan kimyasal maddeler ve örnekler

Türk kahvesi örnekleri 21.07.2022 tarihinde Er-Pa Kahve Gıda Turizm İnşaat San. ve Tic. A.Ş. ünvanlı işletmeden temin edilmiştir. Türk kahvesi örnekleri Brazilian Rio 2/3 elek boyutu 17-18 çığ kahve çekirdeklerinden elde edilmiştir. İşletme az kavrulmuş Türk kahvesini 178°C 29 dk, orta kavrulmuş Türk kahvesini 184°C 32 dk, çok kavrulmuş Türk kahvesini 192°C 37 dk olarak 120 kg'lık Toper marka kahve kavurma makinesinde kavurmaktadır. Kavrulan kahveler Toper marka kahve öğütme makinelerinde öğütülmektedir. Firmadan öğütülmüş şekilde az, orta, çok kavrulmuş kahve örnekleri temin edilmiştir.

Jelatin, tannik asit, Arap zankı (Merck), asetik asit (Merck), metanol (HPLC saflıkta, Sigma), asetonitril (HPLC saflıkta, Sigma), n- hekzan (Sigma), etanol (Sigma), sülfirik asit (Sigma), DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, Sigma), Folin-Ciocalteu reaktifi (Merck), dietileter (Carlo erba), sodyum karbonat (Na_2CO_3 , Merck), sodyum nitrit (Sigma), alüminyum klorat hekza hidrat (Sigma), sodyum hidroksit (Merck), borik asit (Merck), fenolftalein, Fehling A, Fehling B, metilen mavisi, sakkaroz (Merck), çinko asetat dihidrat (Merck), potasyum ferrosiyanür trihidrat (Merck), bakır(II) sülfat penta hidrat (Merck), potasyum sülfat (Merck), sodyum klorür (Merck), susuz sodyum sülfat (Merck), HCl (Merck), 2,4,6 tri(2-piridil)-s triazin (TPTZ, Sigma), demir (III) klorür (Sigma), demir (II) sülfat hepta hidrat (Sigma), sodyum asetat trihidrat (Merck), sodyum asetat (Sigma), fosforik asit (Sigma), 1,7 diaminoheptan (Sigma), kateşin, benzoil klorür (Sigma), gallik asit (Merck), klorojenik asit, kafeik asit, sinapik asit, kafein, putresin, kadaverin, spermidin, serotonin, tiramin standartları Sigma firmasından,

histamin (Merck), üzüm çekirdeği yağı Arifoğlu markasında ve bir aktardan temin edilmiştir.

3.1.2. Kullanılan cihazlar

Aşağıdaki Tablo 3.1’de çalışmamızda kullanılan cihazlara yer verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmamızda kullanılan cihazlar

Cihaz Adı	Marka
Analitik terazi	Shimadzu ATX-224
pH metre	ISOLAB Termocouple Protec 506 Digital Multimeter XS Instruments Violab pH metre
Spektrofotometre	Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis N4S UV-Vis Spectrophotometer
Etüv	Dedeoğlu
Mekanik Karıştırıcı	Isolab
Ultrasonik Su Banyosu	Selektra 10K
Manyetik karıştırıcı	CAT M. Zipperer M6.1 Isotex Magnetic Stirrer
Renk Ölçüm Cihazı	ColorFlexHunterLab
Yüksek performans sıvı kromatografisi (HPLC)	Agilent Technology 1200 Infinity Series
Su banyosu	Falc WB U2, Biby water bath re100B
Vorteks karıştırıcı	Wise Mix VM-10
Santrifüj cihazı	Hettich-Centrifuge Universal 320 R
Ultra saf su cihazı	Human Corporation Zeneer

Yapılan analizler aşağıdaki Tablo 3.2- Tablo 3.3- Tablo 3.4'te özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Üzüm çekirdeği yağı mikroenkapsüllerinde yapılan analizler

Üzüm Çekirdeği Yağı İçeren Mikroenkapsüller	Mikroenkapsüllerde Yapılan Analizler
11 ml üzüm çekirdeği yağı + Jelatin/arap zımkı 4,5:1,5 (w/w) + 15 ml tannik asit kullanılarak mikroenkapsüller hazırlanmış, toplanmış deiyonize su ile yıkama işleminden sonra liyofilizatörde kurutulmuştur.	• Mikroenkapsüllerin Kapsülasyon Verimi (%), • Yağ Salım Oranı (%), • Toplam Fenolik Madde Miktarı, • Antioksidan Aktivite Değeri, • Toplam Flavonoid Madde Miktarı, • Renk Tayini, • FTIR Spektrumu, • Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüsü, • Termogravimetrik Analizle Termal Stabilitate Tayini

Tablo 3.3. Türk kahvesinde yapılan analizler

Türk Kahvesi	Türk Kahvesinde Yapılan Analizler
Orta Kavrulmuş Türk kahvesi	• Protein Oranı • Karbonhidrat Oranı
Az, Orta, Çok Kavrulmuş Türk kahvesi	• Renk Analizi • Nem Tayini

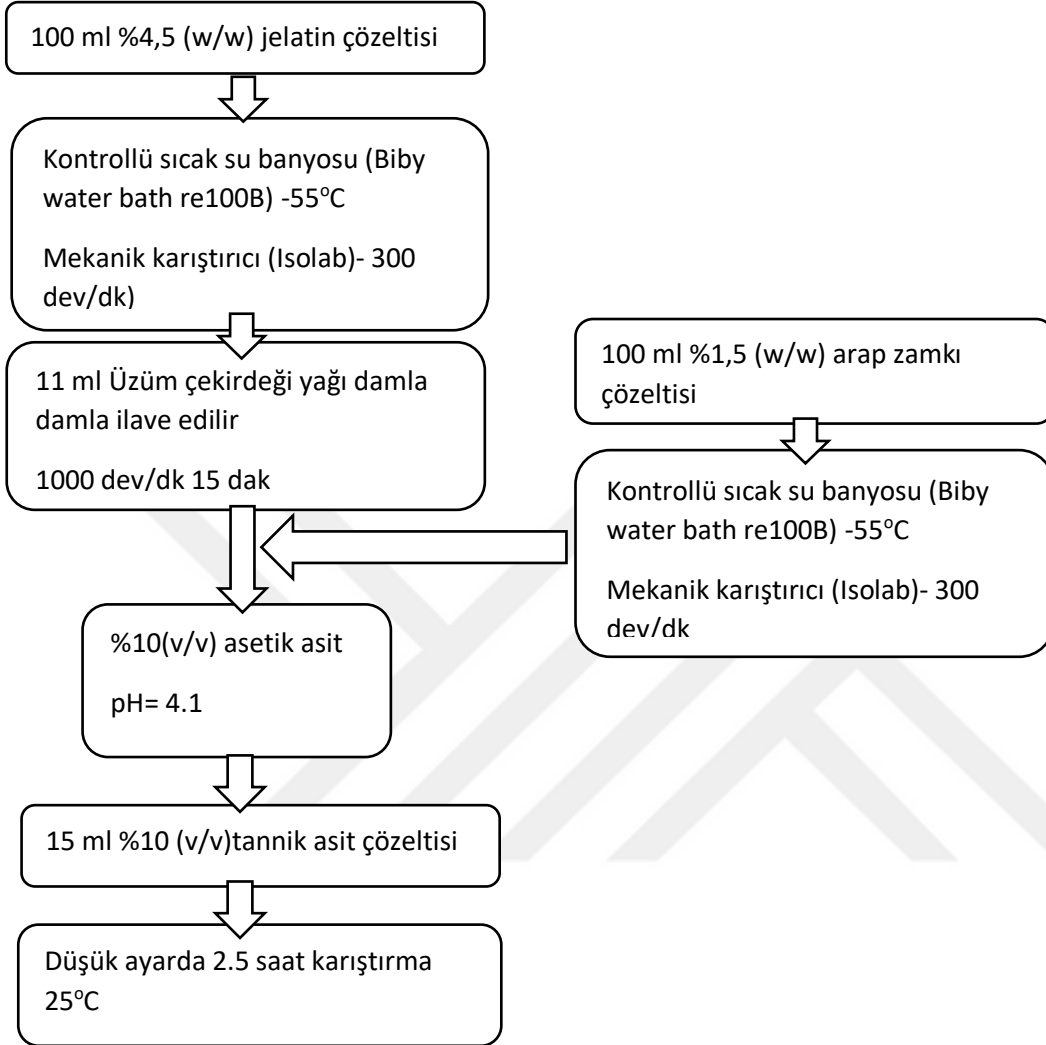
Tablo 3.4. Pişirilmiş Türk kahvesinde yapılan analizler

Kahve Örnekleri		Kahve Ağırlığına Göre Kütlece İlave Edilen Mikropartikül Yüzdeleri			Piştirilmiş Türk Kahvesinde Yapılan Analizler
1.Grup (Az Kavrulmuş)	K O N T R O L	%20	%30	%35	• Esmerleşme Yoğunluğu, • Toplam Fenolik Madde Miktarı, • Toplam Flavonoid İçeriği, • Antioksidan Aktivite Değeri, • HPLC ile Türk Kahvesinde Kafein ve Fenolik Bileşiklerin Tayini • Biyojen Amin İçeriği • Duyusal analiz
2.Grup (Orta Kavrulmuş)					
3.Grup (Çok Kavrulmuş Kahve)					

3.2. Yöntem

3.2.1. Üzüm çekirdeği yağı içeren mikrokapsüllerin hazırlanması

Üzüm çekirdeği yağının mikrokapsülasyon işleminde kompleks koaservasyon tekniği kullanılmıştır ve mikrokapsüllerin hazırlanmasında Karagözlü (2017) tarafından kullanılan yöntem kullanılmış, yöntemde bazı modifikasyonlar yapılmıştır. Çalışmamızda kullanılacak jelatin, Arap zambkı, tannik asit ve üzüm çekirdeği yağı miktarı Karagözlü (2017) tarafından kullanılan yöntemde belirlenen en yüksek verimliliğe sahip optimum oranlar kullanılarak belirlenmiş ve üzüm çekirdeği yağı mikrokapsülasyonu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Üzüm çekirdeği yağı mikroenkapsülasyonu akış şeması

Oda sıcaklığında 600 ml'lik behere 100 ml'lik %4,5 (w/w)'luk jelatin çözeltisi hazırlanıp beher kontrollü sıcak su banyosuna (Biby water bath re100B) yerleştirilmiştir. 300 devir/dk hızında mekanik karıştırıcı (Isolab) ile karıştırılırken sıcaklık 55°C' ye çıkartılmıştır. Başka bir erlende 100 ml'lik %1,5 (w/w)'luk Arap zımkı çözeltisi hazırlanmıştır. 11 ml üzüm çekirdeği yağı pipet yardımıyla mekanik karıştırıcıyla karıştırılan jelatin çözeltisi üzerine damla damla ilave edilmiştir. Ardında 1000 devir/dk'da 15 dk emülsifiye edilmiştir. Daha sonra hazırlanan 100 ml'lik %1,5 (w/w)'luk sıcak Arap zımkı çözeltisi 300 devir/dk karıştırma hızında emülsiyona eklenmiştir. pH değeri 4,9 olan emülsiyonun pH'ını 4,1 seviyesine düşürmek için %10 (v/v)'luk asetik asit ilave edilmiş ve

çözelti 5°C'e soğutulmuştur. Sonrasında %10 (w/w)'luk tannik asit çözeltisinden 15 ml mekanik karıştırıcının en düşük hız ayarında karıştırılarak, karışıma ilave edilmiştir ve sıcaklık 25°C'e çıkartılmıştır. Karıştırma işlemine 2,5 saat boyunca devam edilmiş ve çapraz bağlanma sağlanmıştır. Oluşan mikrokapsüller toplanmış ve deiyonize su ile durulanmış, filtreden geçirilmiştir. Mikrokapsüller Ege Matal Merkez Araştırma Laboratuvarında Martin Christ Alpha 1-2 LDplus freeze drier ile -42°C, 0,10 mbar da, 24 saat kurutulmuştur. Kurutmadan sonra mikrokapsüller amber renkli şişede buzdolabında muhafaza edilmiştir. Şekil 3.1'de mikrokapsüllerin hazırlanışının akış şeması verilmiştir.

3.2.2 Üzüm Çekirdeği Yağı Kalibrasyon Eğrisinin Çizilmesi

Üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisi çizmek amacıyla öncelikle üzüm çekirdeği yağının 200-400 nm arasında maksimum absorbans verdiği dalga boyu belirlenmiştir. Üzüm çekirdeği yağının 250 nm'de maksimum absorbans gösterdiği tespit edilmiştir. Barbosa et al. (2021) tarafından yapılan çalışma esas alınarak 0,0-1,0 mg/ml konsantrasyon aralığında üzüm çekirdeği yağı hekzan içerisinde çözdürülmüş ve spektrofotometre (Agilent Technologies Carry 60 UV-Vis) ile absorbansları ölçülmüş ve aşağıdaki Şekil 3.2'de gösterilen üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisi çizilmiştir.



Şekil 3.2. Üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisi

3.2.3. Kapsülasyon veriminin hesaplanması

Kapsülasyon veriminin hesaplanması için Yang et al. (2014)'ün yaptıkları çalışmadaki gibi yüzey yağını uzaklaştırmak amacıyla mikrokapsüller etanolle iki kez yıkanmıştır ve ardından Barbosa et al. (2021) tarafından yapılan çalışmada kullandıkları yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. 50 mg mikrokapsül, 50 ml hekzan içerisine konulmuş ve 20°C'de 10 dakika ultrasonik su banyosunda bekletilmiştir. Ardından 25°C'de 2 saat çalkalayıcıda çalkalanan örnek 4000 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstraktın üzüm çekirdeği yağının maksimum absorbands gösterdiği 250 nm'de spektrofotometrede (Agilent Technologies Carry 60 UV-Vis) absorbandsları ölçülmüştür. Deney 3 paralel halinde yapılmıştır. Mikroenkapsülasyon veriminin (%) hesaplanmasında aşağıda verilen formül kullanılmıştır.

$$\% \text{ Mikroenkapsülasyon Verimi} = \frac{\text{Ölçülen Üzüm Çekirdeği Yağı Miktarı}}{\text{Teorik Üzüm Çekirdeği Yağı Miktarı}} \times 100$$

3.2.4. Yağ salımı

Karagözlü (2017) tarafından kullanılan yöntemde modifikasyonlar yapılarak üzüm çekirdeği yağı salım çalışması yapılmıştır. Zamana karşı mikroenkapsüle edilmiş üzüm çekirdeği yağı salım hızı grafiğini çizmek amacıyla bilinen miktarda mikrokapsül erlen içerisine alınmış ve üzerine bir miktar hekzan ilave edilerek çalkalayıcıyı yardımıyla oda sıcaklığında çalkalanmıştır ve karışımdan 5 ml belli aralıklarda filtre edilerek üzüm çekirdeği yağının maksimum absorbands değerinde (250 nm) UV/Vis spektrofotometrede (Agilent Technologies Carry 60 UV-Vis) absorbandsları ölçülmüştür. Deney üç paralel halinde yapılmıştır.

3.2.5. Mikrokapsüllerin antioksidan aktivitesinin belirlenmesi

Mikrokapsüllerin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde Brand-William et al. (1995) tarafından kullanılan yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemde bazı modifikasyonlar yapılmıştır. Bir behere 0,6 g mikrokapsül alınmış ve üzerine 60 ml metanol ilave edilmiştir, ağzı alüminyum folyo ile kapatılan beher 40 °C'deki ısıtıcıda 15 dk'da bir çalkalanarak 60 dk bekletilmiştir ve 2000 devir/dk hızla 5 dk santrifüj edilen örnekler filterlab filtre kâğıdı (1238) ile süzölmüştür. Elde edilen ekstraktan 20 µl alınarak üzerine 3980 µl günlük olarak hazırlanan 100 µM DPPH (1,1- Diphenyl-2-picrylhydrazyl) reaktifinden eklenmiştir. Elde edilen karışım vortekslenmiştir ve 20 dk karanlıkta bekletildikten sonra örneklerin 515 nm dalga boyundaki absorbansları spektrofotometre (Agilent Technologies Carry 60 UV-Vis) kullanılarak ölçölmüştür. Saf metanol kör çözelti olarak kullanılmıştır. Kontrol grubu için ise 20 µl örnek ekstraktı yerine aynı miktarda saf su kullanılmıştır. Analizler iki paralel halinde yapılmıştır. Sonuçlar % inhibisyon cinsinden verilmiştir.

$$\% \text{ inhibisyon} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}}{A_{\text{kontrol}}} * 100$$

A_{kontrol} : Kontrol çözeltisinin absorbansı

$A_{\text{örnek}}$: Örneğin absorbansı

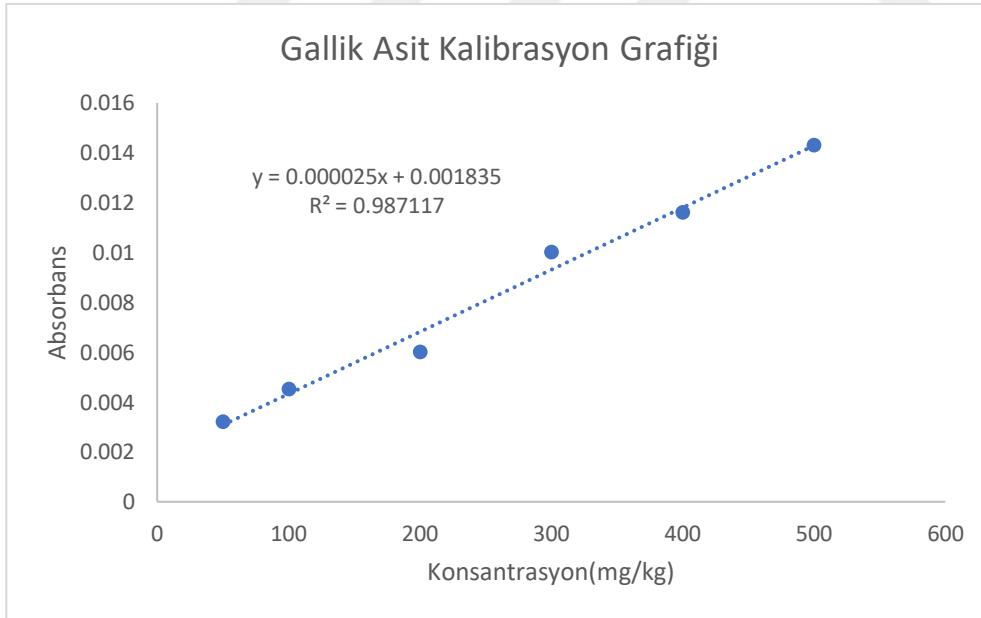
3.2.6. Mikrokapsüllerin fenolik madde miktarının belirlenmesi

Mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarının belirlenmesinde Xu and Chang (2007) tarafından kullanılan yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemde bazı modifikasyonlar yapılmıştır. Bir behere 0,6 g mikrokapsül alınmış ve üzerine 60 ml metanol ilave edilmiştir, ağzı alüminyum folyo ile kapatılan beher 40 °C'deki ısıtıcıda 15 dk'da bir çalkalanarak 60 dk bekletilmiştir ve 2000 devir/dk hızla 5 dk santrifüj edilen örnekler filterlab filtre kâğıdı (1238) ile süzölmüştür. Ekstraktan 50 µl alınarak üzerine 3 ml su, 250 µl Folin Ciocalteu reaktifi ve 750 µl %7'lik (w/v) Na₂CO₃ çözeltisi ilave edilmiştir ve karışım

vortekslenmiş daha sonra 8 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. 950 µl su ilave edilerek karışım 2 saat karanlıkta ve oda sıcaklığında bekletilmiş ve süre sonunda 760 nm’de spektrofotometrede (Agilent Technologies Carry 60 UV-Vis) absorbanslar ölçülmüştür. Kontrol grubu için 50 µl ekstrakt yerine 50 µl ultra saf su kullanılmıştır.

Gallik Asit Kalibrasyon Grafiğinin Çizilmesi

0,1 g gallik asit tartılmış az bir miktar metanolle çözdürülmüş ve sonrasında metanolle 100 ml tamamlanarak ve 1000 ppm’lik gallik asit stok çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan 1000 (mg/kg) ppm’lik stok çözeltiden 50 mg/kg, 100 mg/kg, 200 mg/kg, 300 mg/kg, 400 mg/kg ve 500 mg/kg konsantrasyonlarında gallik asit çözeltileri saf suyla seyreltilerek oluşturulmuştur. Daha sonra spektrofotometrede (Agilent Technologies Carry 60 UV-Vis) absorbanslar okunmuş ve konsantrasyona karşı absorbans grafiği Şekil 3.3’teki gibi oluşturulmuştur. Hazırlanan bu grafik toplam fenolik madde miktarının gallik asit cinsinden belirlenmesinde kullanılmıştır.

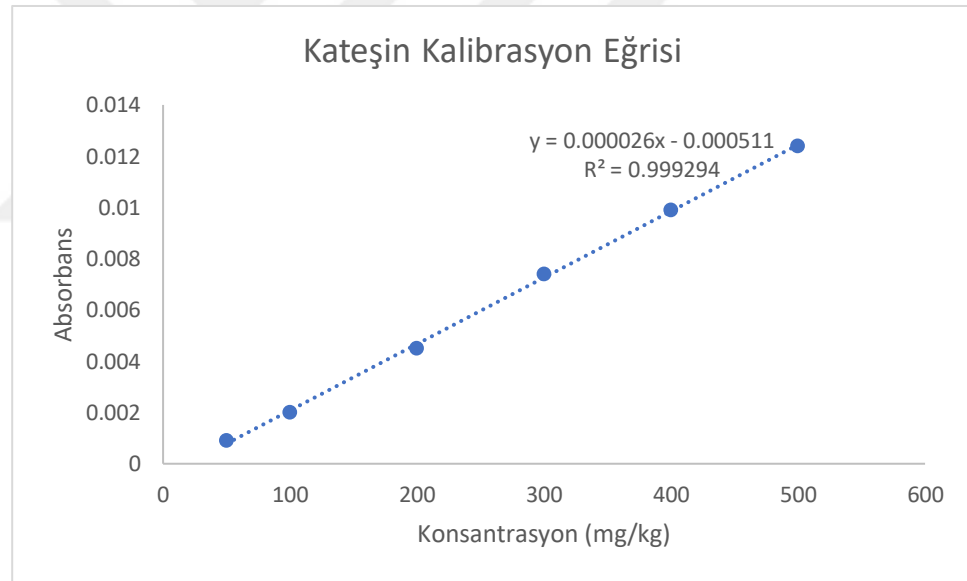


Şekil 3.3. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.7. Mikrokapsüllerin flavonoid miktar analizi

Heimler et al. (2005) kullandıkları yöntem kullanılarak mikrokapsüllerin flavonoid miktarı hesaplanmıştır. Bir behere 0,6 g mikrokapsül alınmış ve üzerine

60 ml metanol ilave edilmiştir, ağzı alüminyum folyo ile kapatılan beher 40 °C'deki ısıtıcıda 15 dk'da bir çalkalanarak 60 dk bekletilmiştir ve 2000 devir/dk hızla 5 dk santrifüj edilen örnekler filterlab filtre kâğıdı (1238) ile süzölmüştür. Hazırlanan ekstrakttan 250 µl alınmıştır ve üzerine, 1250 µl su ve 75 µl %5'lik NaNO₂ çözeltisi ilave edilerek vortekslenmiştir ve karışım 6 dk karanlıkta ve oda sıcaklığında bekletilmiş ve üzerine 150 µl %10'luk AlCl₃×6H₂O ilave edilmiştir. Ardından 5 dk daha oda sıcaklığında, karanlık ortamda bekletilmiştir. Süre sonunda 500 µl 1 M NaOH çözeltisi ve 275 µl su ilave edilmiştir ve toplam hacim 2,5 ml'ye tamamlanmıştır. Karışımlar vorteksledikten sonra 510 nm'de spektrofotometrede (Agilent Technologies Carry 60 UV-Vis) absorbansları ölçölmüştür. Kontrol grubu için mikrokapsöl yerine aynı miktarda ultra saf su kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki Şekil 3.4'te verilen kateşinin kalibrasyon eğrisine göre “Kateşin eşdeğeri” cinsinden verilmiştir.



Şekil 3.4. Kateşin Kalibrasyon Eğrisi

3.2.8. Mikrokapsüllerde renk analizi

HunterLab ColorFlex (ABD) model kolorimetrenin CIE modunda mikrokapsüllerin renk analizi yapılmıştır. Renk değeri CIE L*, a*, ve b* değeri bu cihaz kullanılarak bulunmuştur. Burada “L*” parlaklık ifade etmekte ve değeri aralığı “0” (siyah)- “100” (beyaz) arasında değişmektedir. “-a*” yeşilliği, “+a*” kırmızılığı ifade etmekte; “-b*” maviliği, “+b*” sarılığı ifade etmekte ve değeri aralığı -60 ile +60 arasında değişmektedir. Burada saf, doymuş ve güçlü

renklerin doygun romantik renklerden ayrılmasını sağlayan Kroma değeri ve iki rengi ayırmayı sağlayan Hue (°) açısı aşağıdaki formüller yardımıyla belirlenmiştir. Mikrokapsüller direkt konarak renk ölçümü üç paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

$$\Delta C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h^0 = \tan^{-1}(b/a)$$

ΔC : Kroma değeri

h^0 : Hue açısı

3.2.9. Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

Üzüm çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin, üzüm çekirdeği yağının, jelatin ve Arap zıncı materyallerinin kimyasal yapısının belirlenmesi amacıyla FTIR analizleri Perkin Elmer Spectrum Two cihazıyla 4000- 400 cm^{-1} spektrum aralığında Ege Üniversitesi Ege Matal Merkez Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Grafikler Spectrograph isimli programda çizdirilmiş ve literatürdeki verilerle karşılaştırılmıştır.

3.2.10. Taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (SEM)

Jelatin-Arap zıncı duvar materyalleriyle mikroenkapsüle edilen üzüm çekirdeği yağının oluşturduğu mikrokapsüllerin morfolojik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla Ege Üniversitesi Ege Matal Merkez Analiz Laboratuvarında görüntüleme çalışmaları Thermo Scientific Apreo S taramalı elektron mikroskobuyla (SEM) gerçekleştirilmiştir. Mikrokapsüller görüntülenmeden önce altın ile kaplanmıştır.

3.2.11. Termogravimetrik analiz

Hazırlanan mikrokapsüllerin ısısal özellikleri SDT= TGA + Düşük hassasiyet DSC analizi ile belirlenmiştir. Analiz Ege Üniversitesi Ege Matal Merkez Analiz Laboratuvarında “TA Instruments SDT Q600” SDT cihazıyla 5 mg örnek kullanılarak 25°C ile 800°C sıcaklık aralığında ve 10°C/dk artış olacak şekilde yapılmıştır. Bu analiz mikrokapsüller, üzüm çekirdeği yağı, jelatin ve Arap zıncı için yapılmıştır.

3.2.12. Türk kahvesinde yapılan analizler

Türk kahvesi örnekleri 21.07.2022 tarihinde Er-Pa Kahve Gıda Turizm İnşaat San. ve Tic. A.Ş. ünvanlı işletmeden temin edilmiştir. Türk kahvesi örnekleri Brazilian Rio 2/3 elek boyutu 17-18 Çiğ kahve Çekirdeklerinden elde edilmiştir. İşletme az kavrulmuş Türk kahvesini 178°C 29 dk, orta kavrulmuş Türk kahvesini 184°C 32 dk, çok kavrulmuş Türk kahvesini 192°C 37 dk olarak 120 kg'lık Toper marka kahve kavurma makinesinde kavurmakta ve Toper marka kahve öğütme makinesinde öğütmektedir. Kahveler firmadan öğütülmüş ve az, orta ve çok kavrulmuş kahve olarak temin edilmiştir.

3.2.12.1. Nem tayini

TS ISO 11294 (2001) Kahve-Kavrulmuş, Öğütülmüş- Rutubet Muhtevası Tayini standardı kullanılarak kavrulmuş, öğütülmüş kahvelerin nem analizi gerçekleştirilmiştir. TS ISO 11294 (2001) Kahve-Kavrulmuş, Öğütülmüş- Rutubet Muhtevası Tayini standardında göre nem analizinde etüv yöntemi kullanılmıştır ve 103°C'de kurutma gerçekleştirilmiştir. Deney üç paralel halinde az, orta, çok kavrulmuş bütün Türk kahvesi çeşitlerinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.12.2. Protein miktarı tayini

Orta kavrulmuş Türk kahvesi örneğinin protein içeriğini belirlemek için MEGEP (2011)'deki şekilde Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. 1,0039 g kahve örneği tartılmış ve Kjeldahl balonuna konmuştur. Ardından üzerine 10 g katalizör (senye tuzu) ve 25 ml %98' lik derişik H₂SO₄ ilave edilmiştir ve Kjeldahl yakma setine yerleştirilmiştir. 15 dk 200°C-250°C'de, daha sonra hiç siyah nokta kalmayacak şekilde 400°C'de yakmaya devam edilmiştir. Renk açılınca mavi-yeşil veya sarımsı yeşil olduğunda 20-30 dk daha yakma işlemine devam edilmiştir ve daha sonra yakma işlemi bitirilmiştir. Tüpler oda sıcaklığına soğumaya bırakılmıştır ve daha sonra 150-200 ml su ilave edilmiştir. Soğutulmuş Kjeldahl balonlarına %40'lık 125 ml NaOH ilave edilmiştir ve destilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. 5-6 damla indikatör damlatılmış %4'lük borik asit çözeltisi erlene konur destilasyon ünitesindeki geri soğutucunun ucu bu çözeltinin içine daldırılmış ve destilasyon başlatılmıştır. Destilasyon işlemi tamamlandığında

elde edilen çözeltinin 0,1 N HCl ile titrasyonu gerçekleştirilmiş ve harcanan hacim not edilmiştir. Sadece orta kavrulmuş Türk kahvesindeki protein miktarı için deney yapılmış ve aşağıdaki formüller kullanılarak protein miktarı hesaplanmıştır. Hesaplamada kullanılan F değeri 6,25 olarak alınmıştır.

$$\%Azot = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 0,014}{m} \times 100$$

$$\%Protein = \%Azot \times F$$

3.2.12.3. Karbonhidrat tayini

Orta kavrulmuş Türk kahvesi örneğinin toplam şeker içeriğini belirlemek için MEGEP (2011)'deki şekilde Layne-Eynon yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle faktör tayininde kullanılacak olan standart invert şeker çözeltisi, stok invert şeker çözeltisinden 50 ml alınarak 5 N NaOH ile fenolftalein eşliğinde nötrlenmiş ve hacmi 250 ml'ye tamamlanmıştır. Faktör tayini yapmak için 150 ml'lik erlene 5 ml Fehling A, 5 ml Fehling B, 25 ml saf su, 15 ml hazırlanan standart invert şeker çözeltisi cam boncuklar atılarak bunzen bekinde kaynatılmış kaynadıktan 2 dk sonra 2-3 damla metilen mavisi damlatılmış ve büretteki standart invert şeker çözeltisi ile maviden bakır kırmızısına dönene kadar titrasyon yapılmış ve harcanan hacim kaydedilmiştir. Faktör aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$F(mg) = V (ml) \times 2.0 (mg/ml)$$

Örnek hazırlamak üzere 250 ml'lik balon jojeye 2 g kahve örneği konmuş, 65°C sıcaklığında 50 ml saf su eklenmiştir ve 30 dk beklenmiştir. Ardından 10 ml Carez 1 ve 10 ml Carez 2 eklenmiş ve 30-40 dk beklenmiştir. Daha sonra hacim 250 ml'ye tamamlanmış çalkalanmış ve filtre edilmiştir.

Filtrattan 100 ml'lik ölçü balonuna 50 ml alınmış ve üzerine 5 ml %37'lik HCl 'den konmuştur balonu kapatılmış 65-67°C' de sıcak su banyosunda 5 dk tutulmuş ve hızlıca soğutulmuştur. 1-2 damla fenolftalein damlatılmış ve 4 N NaOH'la renk pembe olana kadar nötrleştirilip balon su altında soğulmuş ve 100 ml çizgisine kadar saf su ile tamamlanmış ve bürete doldurulmuştur.

Bir erlene 5 ml Fehling A, 5 ml Fehling B konmuş üzerine 25 ml saf su konmuştur. Bunzen bekinde kaynatılmıştır (3 dakikada), metilen mavisi

damlatılmış ve büretteki çözeltiyle titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Renk kırmızı olunca titrasyon durdurulmuş, harcanan hacim not edilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak orta kavrulmuş Türk kahvesindeki toplam şeker hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam şeker} = \left(\frac{V2 \cdot F}{V \cdot V1} \right) \cdot 2$$

V2= Seyreltilen Hacim (250 ml)

V1= Alınan örnek miktarı

F= Faktör

V=Harcanan Hacim

3.2.12.4. Renk tayini

HunterLab ColorFlex (ABD) model kolorimetrenin CIE modunda Türk Kahvesi örneklerinin renk analizi yapılmıştır. Renk değerleri L*, a*, ve b* değerleri bu cihaz kullanılarak bulunmuştur. Burada “L*” parlaklık ifade etmekte ve değer aralığı “0” (siyah)- “100” (beyaz) arasında değişmektedir. “-a*” yeşilliği, “+a*” kırmızılığı ifade etmekte; “-b*” maviliğin, “+b*” sarılığı ifade etmekte ve değer aralığı -60 ile +60 arasında değişmektedir (Duarte et al. 2005; Rendon et al. 2014).

3.2.13. Türk kahvesinin pişirilmesi

Türk kahvesinin pişirilmesinde Özgür (2012) tarafından belirtilen Türk kahvesi pişirme standardı kullanılmıştır. 4 g Türk kahvesi alınmış 52 ml ultra saf su ile Türk kahvesi pişirme makinesinde (Touch me elektrikli cezve, İstanbul) pişirilmiştir. Türk kahvesi pişirildikten sonra analiz öncesi soğutulup, filtre edilmiştir. Türk kahvesine mikrokapsül ilavesinde Costa et al. (2022) yapmış oldukları çalışma baz alınarak mikrokapsüller, Türk kahvesine oranla küttelece %20, %30, %35 oranında pişirilecek Türk kahvesine ilave edilmiştir. Az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu ve küttelece %20, %30, %35 mikrokapsül ilaveli grup az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvesi grubu iki tekrar halinde pişirilmiştir.

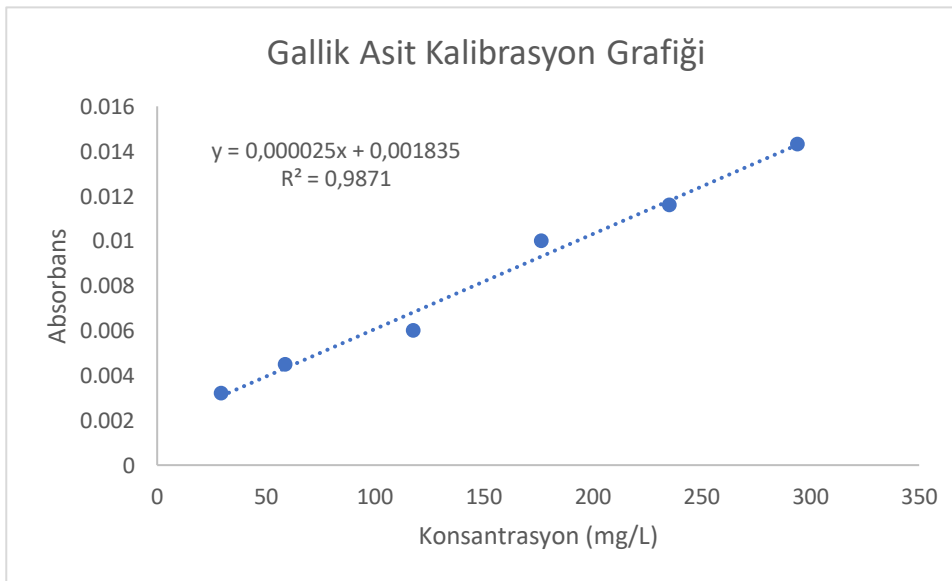
3.2.14. Pişirilmiş Türk kahvesinde gerçekleştirilen analizler

3.2.14.1. Esmerleşme yoğunluğu

Piştirilmiş Türk kahvelerinde esmerleşme yoğunluğu Nakilcioğlu-Taş (2018) kullandığı yöntem kullanılarak belirlenmiştir. 100 µl piştirilmiş Türk kahvesi örneği ultra saf damıtılmış su ile 2 ml'ye seyreltilmiştir ve spektrofotometre 420 nm'de absorbansı okunarak kaydedilmiştir. Analiz iki paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.14.2. Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi

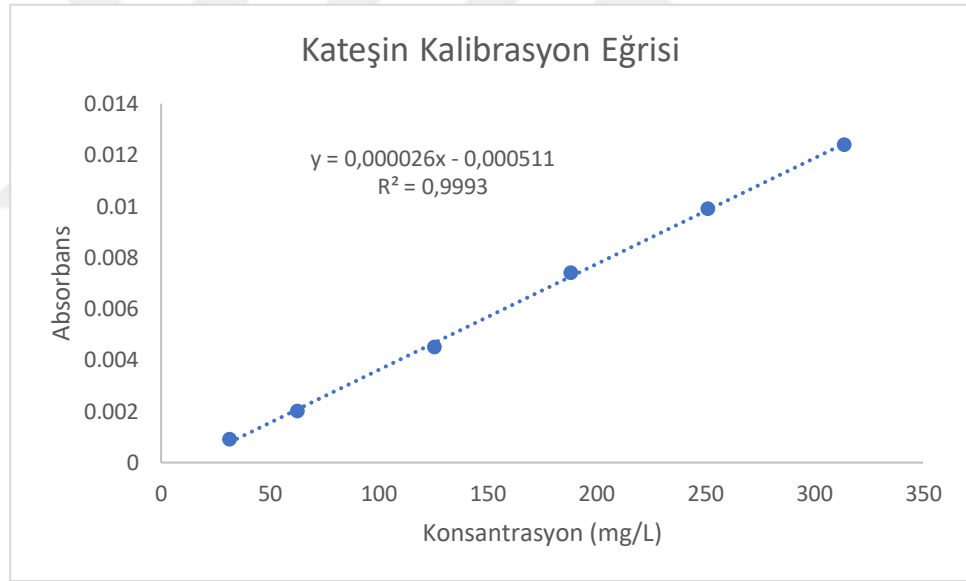
Piştirilmiş Türk kahvelerinin toplam fenolik madde miktarının belirlenmesinde Singleton and Rossi (1965) ve Li et al. (2006) kullandıkları yöntem, bazı değişiklikler yapılarak kullanılmıştır. 0,5 ml piştirilmiş Türk kahvesine 2,5 ml 0.2 N Folin-Ciocalteu reaktifi ve 2 ml %7,5 sodyum karbonat ilave edilmiştir. Elde edilen karışım oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dk bekletildikten sonra spektrofotometrede 760 nm'de absorbanslar okunup kaydedilmiştir. Deney iki paralel halinde yapılmıştır. Sonuçlar, aşağıdaki Şekil 3.5'te verilen Gallik Asit Kalibrasyon Eğrisi kullanılarak 100 ml başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.14.3. Toplam flavonoid madde içeriğinin belirlenmesi

Türk kahvesinin toplam flavonoid içeriği Heimler et al. (2005)'nin yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 250 µl pişirilmiş Türk kahvesine, 1,25 ml distile su ve 75 µL %5 NaNO₂ ilave edilmiştir. Karışım karanlıkta ve oda sıcaklığında 6 dakika bekletilmiş ve ardından 150 µL %10'luk AlCl₃.6H₂O eklenmiştir. Karanlıkta ve oda sıcaklığında 5 dakika daha inkübasyona bırakılan karışıma sonra 0,5 ml 0,1 M NaOH solüsyonu ve 275 µl distile su ilave edilmiştir. Böylece karışımın toplam hacmi 2,5 ml olmuştur. Karışımın spektrofotometre ile 510 nm'de absorbansı ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Türk kahvesi örnekleri için toplam flavonoid içeriği, aşağıdaki Şekil 3.6'da verilen Kateşinin kalibrasyon eğrisi kullanılarak 100 ml başına mg (+)-kateşin ((+)-CE) eşdeğeri olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.6. Kateşin kalibrasyon eğrisi

3.2.14.4. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

3.2.14.4.1. DPPH radikal süpürme yöntemi

Pişirilmiş Türk kahvesi örneklerinde 2,2-difenil 1-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikali ile antioksidan aktivitenin belirlenmesinde Chu et al. (2000) ve Cheung et al. (2003) kullandıkları yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Metanolle hazırlanan 0,5 ml 0,1 mM DPPH radikali, 1 ml pişirilmiş Türk kahvesi

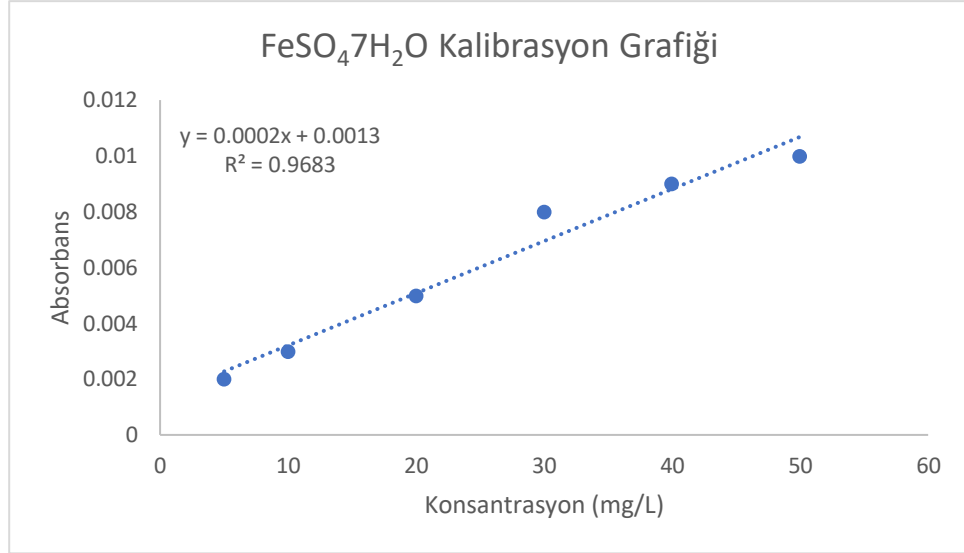
ile vorteks kullanılarak karıştırılmıştır. Ardından spektrofotometre ile 520 nm’de absorbanslar ölçülmüştür ve kaydedilmiştir. Kontrol grubu için pişirilmiş Türk kahvesi yerine metanol kullanılmıştır.

Pişirilmiş Türk kahveleri için DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\% \text{ inhibisyon} = ((A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}}) * 100$$

3.2.14.4.2. FRAP radikal süpürme yöntemi

Pişirilmiş Türk kahvesi örneklerinin antioksidan kapasitesinin FRAP yöntemiyle ölçülmesi için Guo et al. (2003) ve Xu et al. (2004) kullandığı yöntem bazı modifikasyonlar yapılarak kullanılmıştır. pH’ı 3,6 olan 0,3 M asetat tamponu hazırlamak için sodyum asetat, asetik asit kullanılmıştır. 1 litrelik ölçü balonuna 1,64 g sodyum asetat alınıp üzerine 16 ml asetik asit konduktan sonra distile suyla hacmi 1 l’ye tamamlanmıştır. Ardından pH’ın 3,6 olup olmadığı kontrol edilmiş ve hazırlanan çözelti buzdolabında saklanmıştır. 40 mM HCl çözeltisi hazırlamak için 1 l’lik ölçü balonuna 1,46 ml %37’lik HCl alınmış ve hacmi 1 L’ye distile su ile tamamlanmıştır. 10 mM TPTZ çözeltisi hazırlamak amacıyla 0,031 g TPTZ tartılmış ve üzerine 10 ml 40 mM HCl çözeltisi konmuştur. Hazırlanan karışım sıcak su banyosunda 50°C’ de çözündürülmüştür. TPTZ çözeltisi deney günü hazırlanmıştır. 20 mM demir (III) klorür çözeltisi için 0,0324 g FeCl₃ 10 ml distile suda çözündürülmüştür. Demir (III) klorür çözeltisi deney günü hazırlanmıştır. FRAP karışımı için 2,5 ml TPTZ, 2,5 ml FeCl₃, 25 ml asetat karıştırılmıştır ve 37°C’de su banyosunda tutulmuştur. FRAP karışımı deney günü hazırlanmıştır. 80 µl seyreltilmiş Türk kahvesi alınarak üzerine 3,6 ml FRAP solüsyonu ilave edilmiştir. Ardından 200 µl saf su ilave edilerek karıştırılmış karışım 37 °C’de 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında bir spektrofotometre kullanılarak 593 nm’de absorbans belirlendikten sonra, hesaplanan değerler aşağıdaki Şekil 3.7’de verilen FeSO₄.7H₂O kalibrasyon eğrisi kullanılarak 100 ml başına mg indirgenmiş demir eşdeğeri olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.7. Demir (II) sülfat hepta hidrat kalibrasyon eğrisi

3.2.14.5. HPLC ile Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşiklerin tayini

HPLC ile pişirilmiş Türk kahvesinde fenolik bileşenlerin analizinde Belguidoum et al. (2014) tarafından kullanılan yöntem, bazı değişiklikler yapılarak kullanılmıştır. Aşağıda HPLC koşulları ve örnek hazırlama ile ilgili bilgiler verilmiştir.

HPLC koşulları

Model: Agilent Technologies 1200 Series G13116A

Dedektör: DAD

Kolon: Thermo Scientific C₁₈ kolon, 150*4,6 mm

Mobil Akış Hızı: 1 ml/dk

Enjeksiyon Hacmi: 20 µl

T: 25°C

Dalga Boyu: Kafein: 280nm

Kafeik, Klorojenik, Sinapik asit: 324 nm

Mobi Fazlar: A: %1 fosforik asit/su pH= 3'e ayarlandı

B: Metanol/su/asetonitril (%85/%10/%5)

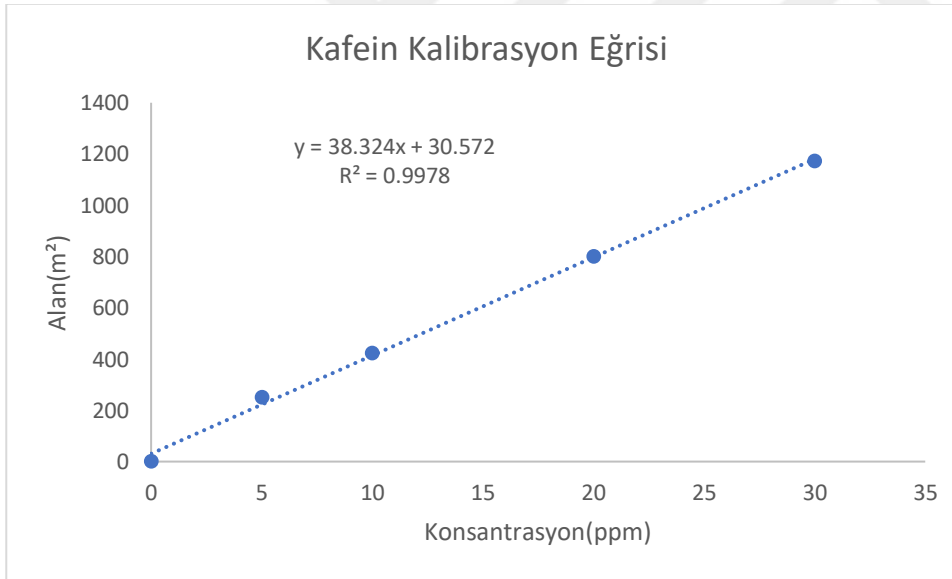
Gradient Program: Tablo 3.5'te verilen program kullanılmıştır.

Tablo 3.5. Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşik tayininde HPLC' de kullanılan gradient program

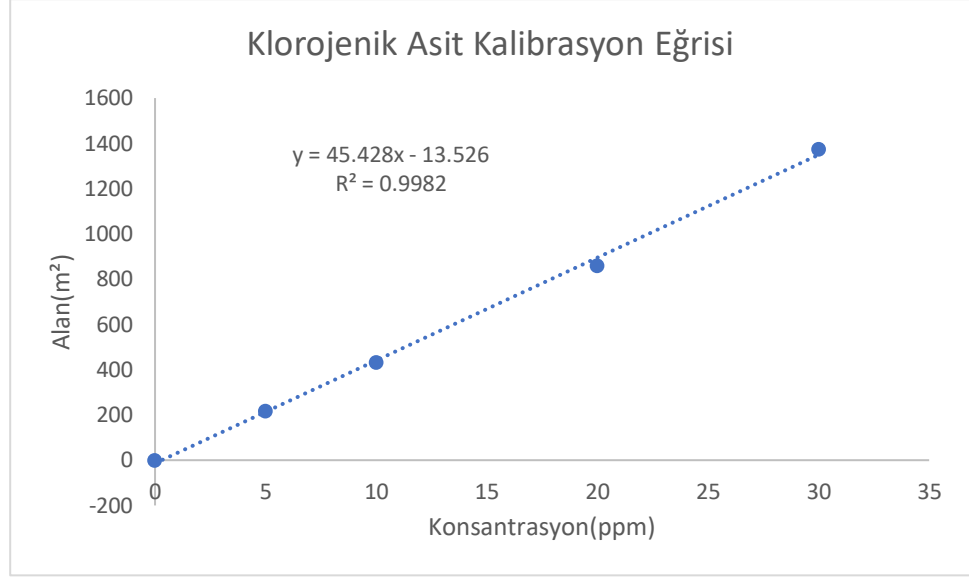
Süre (dk)		A konsantrasyon (%)	B konsantrasyon (%)
0		70	30
8		50	50
10		50	50
12		70	30
17		70	30

Mobil faz mavi bant filtre kağıdından süzölmüş ve ultrasonik banyoda degaz edilmiştir.

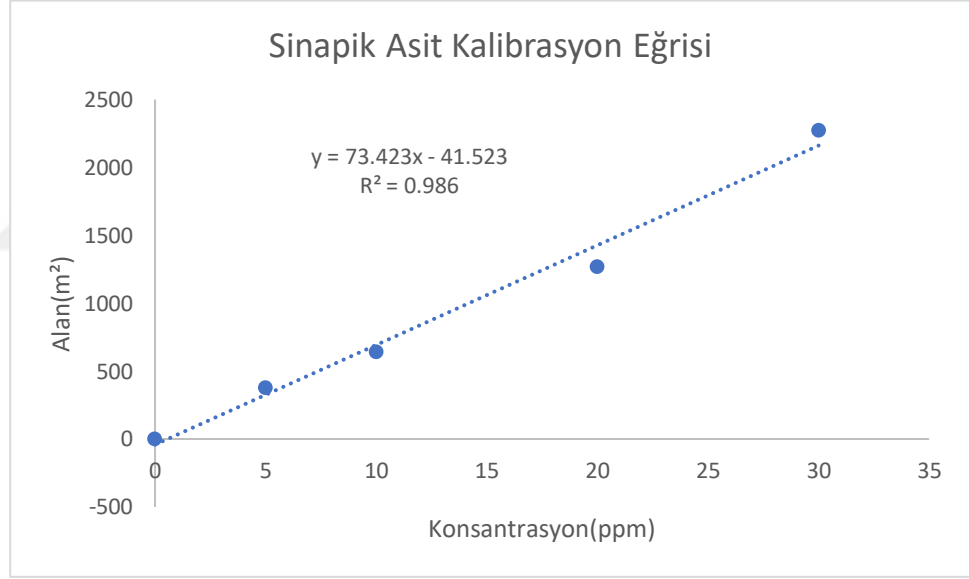
100 ppm olarak hazırlanan stok kafein, klorojenik, sinapik ve kafeik asit çözeltilerinden 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm ve 30 ppm olarak konsantrasyonlar hazırlanmış ve aşağıdaki Şekil 3.8- Şekil 3.9- Şekil 3.10- Şekil 3.11' de verilen kalibrasyon eğrileri çizilmiştir.



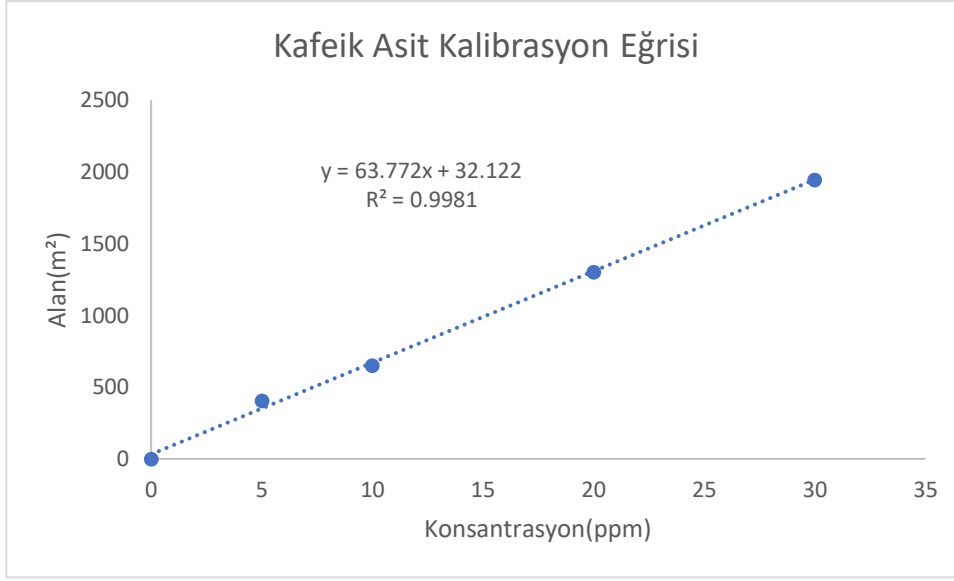
Şekil 3.8. Kafein kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.9. Klorojenik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.10. Sinapik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.11. Kafeik asit kalibrasyon eğrisi

Örnek hazırlama

2 ml pişirilmiş kahve örneğine 40 ml %50 metanol/su karışımı ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım 20 dk 50°C ultrasonik su banyosunda ekstraksiyona tabi tutulmuştur. İlk ekstraksiyon sonrası örnek 4000 rpm’de 10 dk santrifüj edilmiş ve üstte toplanan sıvı alınmıştır. Altta kalan kısma 40 ml %100 metanol ilave edilmiş ve 20 dk 50°C ultrasonik su banyosunda tutulmuş daha sonra 4000 rpm’de 10 dk santrifüj sonrası üstteki sıvı alınmış, toplanan sıvılar birleştirilmiş ve toplam hacim ultra saf suyla 100 ml’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler HPLC analizi için 0.45 µm’lik filtreden geçirilerek vialle doldurulmuştur.

3.2.14.6. HPLC ile Türk kahvesinde biyojen aminlerin tayini

Pişirilmiş Türk kahvesi örneklerinde biyojen amin tayininde HPLC koşulları, örneklerin hazırlanması, türevlendirilmesi Özdestan and Üren (2009)’in kullandıkları yöntem kullanılarak yapılmıştır. Aşağıda HPLC koşulları ve örnek hazırlama ve türevlendirme ile ilgili bilgiler verilmiştir.

HPLC koşulları

Mobil Faz A: 4,0824 g sodyum asetat trihidrat alınmış, 600 ml ultra saf suda çözülmüştür ve üzerine 400 ml metanol eklenmiş ve pH=8’e ayarlanmıştır. Böylece 0,05 M asetat tamponu/metanol (60/40) oranında hazırlanmıştır.

Mobil Faz B: Metanol

Akış Hızı: 1 ml/dk

Enjeksiyon hacmi: 10 µl

Dalga Boyu: 254 nm

Sıcaklık: 20°C

Analiz süresi: 30 dk

Kolon: Water HPLC Kolon C₁₈ 3,9x300mm

Gradient Program: Tablo 3.6'da verilen program kullanılmıştır.

Tablo 3.6. Türk kahvesinde biyojen amin analizinde HPLC'de kullanılan gradient program

Süre (dk)	A konsantrasyon (%)	B konsantrasyon (%)
0	90	10
4	70	30
10	70	30
12	60	40
16	70	60
19	30	70
22	0	100
24	0	100
30	90	10

Stok Biyojen Amin Karışımı Hazırlama

20,1 mg putresin, 15,2 mg kadaverin, 24,2 mg spermidin, 50 mg histamin, 21 mg serotonin, 200 mg tiramin 100 ml 0,25 M HCl içerisinde çözündürülerek hazırlanmıştır. 4°C'de kullanılabilecek kadar saklanmıştır. Kullanılacağı zaman 4 ml stok çözeltiden alınmış ve 25 ml'ye suyla tamamlanmıştır. Bu çözelti günlük olarak hazırlanmıştır.

İç standart hazırlamak amacıyla 66 mg 1,7-diaminoheptan 100 ml 0,25 M HCl içerisinde hazırlanmıştır.

- Günlük hazırlanan stok çözeltiden 0,5 ml alınmıştır.
- 2 ml su ilave edilmiştir
- 0,1 ml iç standart çözeltisinden ilave edilmiştir.
- 2,5 ml 2 mol/L NaOH çözeltisi eklenmiştir.

- 50 µl benzoil klorür ilave edilmiş ve karışım 5 dk vortekslenmiştir.
- 1,5 ml asetonitril eklenmiş karışım 30 saniye vortekslenmiştir ve 10 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir.
- 1,5 g katı NaCl ilave edilmiştir ve karışım 1 dk karıştırılmıştır.
- Ardından karışım ayırma hunisine alınmıştır.
- 4 ml dietileter ayırma hunisine karışımın üstüne ilave edilmiş ve çalkalanmıştır.

Ayırma hunisinde üstteki faz alınmıştır. Alttaki fazın üstüne 4 ml dietil eter ilave edilmiş ve çalkalanmıştır. Tekrar üstteki faz alınmıştır. Alttaki fazın üstüne 4 ml dietil eter ilave edilmiş ve çalkalanmıştır. Tekrar üstteki faz alınmıştır. 3 kez ekstraksiyondan sonra birleştirilen üst fazın üstüne susuz sodyum sülfat eklenmiş ve 5 dk beklenmiştir. Sonrasında üstteki sıvı kısım alınmış ve azot gazı altında eter uçurularak kalıntılar analize kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Analiz yapılacağı zaman 1 ml metanolle kalıntılar karıştırılmış ve 0,45 µm filtreden geçirilerek vialle doldurulup HPLC’de analizi yapılmıştır. Hazırlanan iç standart çözeltisi stok çözeltinin türevlendirildiği gibi türevlendirilmiştir.

Örneği hazırlamak amacıyla 20 ml pişirilmiş kahve alınmıştır ve 20 ml %5 trikloroasetik asit ilave edilerek 15 dk homojenize edilmiştir. Ardından 4000 rpm’de 10 dk santrifüj edilmiş ve üstteki faz filtre kağıdından süzölmüştür.

- Süzölen kahve örneğinden 2 ml kahve örneği alınmıştır.
- 0,5 ml ultra saf su ilave edilmiştir.
- 0,1 ml iç standart çözeltisinden ilave edilmiştir.
- 2,5 ml 2 mol/L NaOH çözeltisi eklenmiştir.
- 100 µl benzoil klorür ilave edilmiş ve karışım 5 dk vortekslenmiştir.
- 1,5 ml asetonitril eklenmiş ve karışım 30 saniye vortekslenmiş ve 10 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir.
- 1,5 g katı NaCl ilave edilmiş ve karışım 1 dk karıştırılmıştır.
- Ardından karışım ayırma hunisine alınmıştır.
- 4 ml dietileter ayırma hunisine karışımın üstüne ilave edilmiş ve çalkalanmıştır.

Ayırma hunisinde üstteki faz alınmıştır. Alttaki fazın üstüne 4 ml dietil eter ilave edilmiş ve çalkalanmıştır. Tekrar üstteki faz alınmıştır. Alttaki fazın üstüne

tekrar 4 ml dietil eter ilave edilmiştir ve çalkalanmıştır. Tekrar üstteki faz alınmıştır. 3 kez ekstraksiyondan sonra birleştirilen üst fazın üstüne susuz sodyum sülfat eklenmiş ve 5 dk beklenmiştir. Sonrasında üstteki kısım alınmış ve azot gazı altında eter uçurularak kalıntılar analize kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Analiz yapılacağı zaman 1 ml metanolla kalıntılar karıştırılmış ve 0,45 µm filtreden geçirilerek viale doldurularak HPLC’de analizi yapılmıştır.

Standart katma yöntemi ve iç standart ekleme yöntemi Özdehan (2009) yaptığı çalışmadaki yöntem ve validasyon parametreleri, kahve örneklerindeki biyojen aminleri hesaplamak için beraber kullanılmıştır. Analit sinyalinin iç standart sinyaline oranı analit konsantrasyonunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Geri kazanım oranları putresin için %111,3, kadaverin için %111,1, spermidin için %101,6, histamin için %112,1, tiramin için %100,5, serotonin için %98,38 ‘dir. Tespit limiti (LOD) tiramin 2,5 mg/l, serotonin 0,5 mg/l, diğer biyojen aminlerde ise 0,5 mg/l’ den az kabul edilmiştir.

3.2.14.7. Duyusal Analiz

Piştirilmiş Türk kahvesi örneklerinde aşağıdaki Tablo 3.7’de verilen duyusal analiz puanlama testi yapılmıştır. Puanlama testi Karahan ve Keklik (2018) yapmış oldukları çalışmada kullanılan testte güncellemeler yapılarak hazırlanmıştır. Panelistler renk, koku, görünüş tüm izlenim özelliklerine bakarak 1 (çok kötü), 2 (kötü), 3 (orta), 4 (iyi) ve 5 (çok iyi) puanlarından birini seçerek toplamda 15 farklı örneğin değerlendirmesini yapmışlardır. Örnek grupları analizleri yapılan 12 örnek grubuna ek olarak üzüm çekirdeği yağı doğrudan az-orta-çok kavrulmuş Türk kahvelerine ilave edilerek 3 grup daha oluşturularak hazırlanmıştır. Örnek grupları rastgele iki haneli rakamlarla kodlanmıştır. Her paneliste ürün tanıtılarak istenen ve istenmeyen özellikler anlatılmıştır.

Tablo 3.7. Duyusal analizde kullanılan puanlama testi

PUANLAMA TESTİ															
Panelistin adı-soyadı: Tarih:..../..../....															
Açıklama: Aşağıda verilmiş örnek gruplarını verilen kalite kriteri için 5 puan üzerinden puanlayınız.															
Kalite kriteri	Örnek Kodları														
	17	84	97	25	23	69	34	10	48	53	72	98	12	90	38
Renk															
Koku															
Görünüş															
Tüm izlenim															
Puanlar ile ilgili açıklamalar	1=Çok kötü		2=Kötü			3=Orta			4=İyi			5=Çok iyi			
Kalite kriterleri ile ilgili açıklamalar:															
İstenen özellikler								İstenmeyen Özellikler							
- Kahverengi renk - Kahve kokusu - Pürüzsüz görüntü								- Yağ damlacığı - Renk açılması - Kapsül parçaları							

3.2.14. İstatistiksel Analiz

Veriler (ANOVA) varyans analizine tabi tutulmuştur. Karşılaştırma olarak Duncan testi uygulanmıştır. Farklar $P < 0,05$ önemli olarak kabul edilmiştir. Bazı sonuçlar arasında korelasyon olup olmadığı Pearson korelasyon testi ile belirlenmiştir. Tüm analizler SPSS 25 (SPSS Inc., Chiago, IL, USA) kullanılarak yapılmıştır. Örnek 2 tekrar olarak hazırlanmış, analizler en az 2 ya da 3 paralel olarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Üzüm Çekirdeği Yağının UV Spektrumunun İncelenmesi

Üzüm çekirdeği yağının maksimum absorbans verdiği dalga boyunun bulunması amacıyla üzüm çekirdeği yağının hekzan içerisinde bilinen konsantrasyonlardaki çözeltilerinin 200-400 nm dalga boyu aralığında UV spektrumu incelenmiş ve üzüm çekirdeği yağı çözeltilerinin maksimum absorbans verdiği dalga boyu ($\lambda_{\max}$) 250 nm olarak bulunmuştur.

Yourdkhani et al. (2017) yaptıkları çalışmada üzüm çekirdeği ekstraktını çift emülsiyon ve solvent buharlaştırma tekniklerinin bir kombinasyonunu kullanarak polilaktitte kapsüllemişlerdir. Yaptıkları çalışmada belli oranlarda tetrahidrofuran, metanol ve damıtılmış su karışımıyla ekstraksiyonu yapılmış üzüm çekirdeği ekstraktının kalibrasyon eğrisini maksimum absorbans verdiği 280 nm dalga boyunda çizmişlerdir.

Martincigh ve Ollengo (2016) yapmış oldukları bir çalışmada metanolle ekstraksiyonu yapılmış üzüm çekirdeği ekstraktının 280 nm’ki kromatogramının kateşinin kromatogramına benzer bir UV spektrumu gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Dragancea et al. (2023) yaptıkları çalışmada üzüm çekirdeğinin hidroalkolik ekstraktlarıyla zenginleştirilmiş üzüm çekirdeği yağındaki toplam polifenol içeriği, polifenollerin antioksidanlar üzerindeki etkisini ve yağın aktivitesini belirlemek için 12 aylık depolamadan önce ve sonra üzüm çekirdeği yağının UV-Vis spektrumunu incelemişlerdir. Depolamadan sonra üzüm çekirdeği yağı absorbaslarının trigliseritlerin, serbest yağ asitlerinin azalması ve ikincil oksidasyon ürünlerinin artmasından kaynaklı en çok 200-250 nm dalga boyu aralığında azaldığını tespit etmişlerdir.

4.2 Üzüm Çekirdeği Yağı Kalibrasyon Eğrisinin Çizilmesi

0,0-1,0 mg/ml üzüm çekirdeği yağı hekzan içerisinde farklı konsantrasyonlarda çözdürülmüş ve spektrofotometre ile üzüm çekirdeği yağının maksimum absorbans verdiği 250 nm’de absorbansları ölçülmüş ve aşağıdaki Şekil 4.1’de gösterilen üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Şekilde

görüldüğü gibi standart eğrinin denklemi $y = 0,3704x + 0,0013$ iken, eğrinin korelasyon katsayısı 0,996 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1 Üzüm çekirdeği yağı kalibrasyon eğrisi

4.3 Mikroenkapsüllerde Gerçekleştirilen Analizler

4.3.1 Kapsülasyon verimi

Çalışmamızda mikroenkapsülasyon işleminde 4,5 g jelatin, 1,5 g arap zankı, 11 ml üzüm çekirdeği yağı ve 15 ml tannik asit kullanılmıştır. Hesaplanan mikroenkapsüle üzüm çekirdeği yağı mikroenkapsülasyon verimi aşağıdaki Tablo 4.1’de, mikroenkapsüllerin kurutmadan önceki hali Şekil 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Mikroenkapsülasyon verimi

Örnek	% Mikroenkapsülasyon verimi
Mikrokapsüle Üzüm Çekirdeği Yağı	%72,33±3,055



Şekil 4.2. Mikroenkapsülasyonu yapılmış üzüm çekirdeği yağının kurutmadan önceki hali

Kaushik et al. (2016) yapmış oldukları çalışmada keten tohumu yağını keten tohumu protein izolatu ve keten tohumu sakızı duvar materyali kullanarak kompleks koaservasyon tekniğı ile mikroenkapsüle etmişlerdir. Mikroenkapsülasyon veriminin $58,49 \pm 3,36$ ile $87,6 \pm 3,06$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Rutz et al. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada palm yağını kitosan/ksantan ve kitosan/pektin duvar materyali kullanarak kompleks koaservasyon tekniğı kullanarak mikroenkapsüle etmişlerdir. Mikroenkapsülasyon veriminin $\%32,67$ ile $\%62,41$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

da Silva Soares et al. (2019) yapmış oldukları bir çalışmada farklı miktarlarda sacha inchi yağını farklı miktarlarda ovalbümin ve sodyum aljinat duvar materyali kullanarak kompleks koaservasyon tekniğı ile mikroenkapsüle etmişler ve kapsülasyon veriminin $42,09 \pm 4,1$ ile $99,54 \pm 3,3$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Dai et al. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada soğuk sıkım susam yağını jelatin ve Arap zımkı duvar materyalleri kullanarak kompleks koaservasyon tekniğı ile mikroenkapsüle etmişler ve mikroenkapsülasyon verimini $\%90,25$ olarak tespit etmişlerdir.

Ferraira ve Nicoletti (2021) yapmış oldukları bir çalışmada farklı oranlarda zencefil yağını farklı oranlarda jelatin ve Arap zımkı duvar materyali kullanarak atomizasyon ve karıştırma ile kompleks koaservasyon tekniğı kullanarak mikroenkapsüle etmişler ve mikroenkapsülasyon veriminin $89,7 \pm 1,2$ ile $98,7 \pm 0,1$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

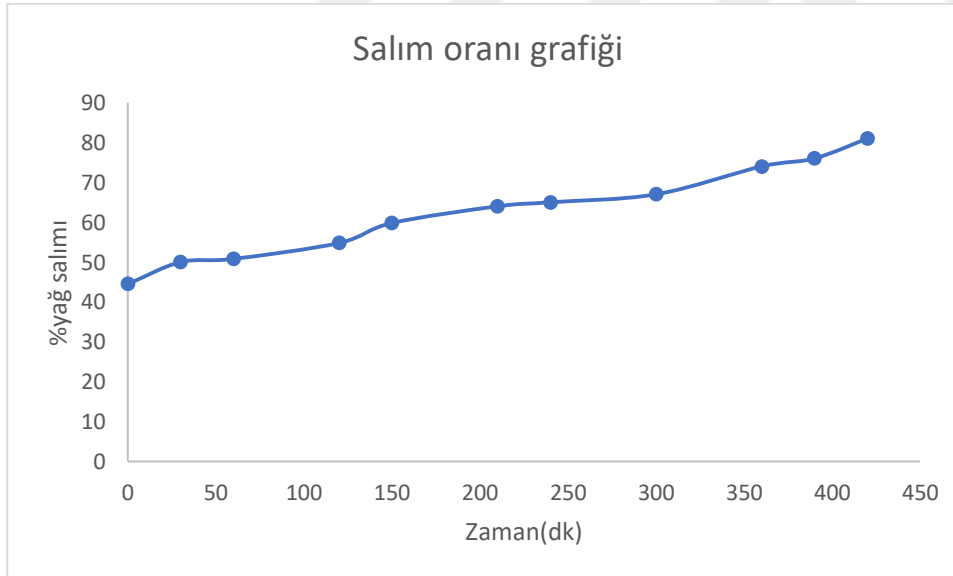
Mu et al. (2022) yapmış oldukları bir çalışmada duvar materyali olarak kitosan ve oktenil süksinik anhidrit ile modifiye edilmiş nişasta kullanarak farklı miktarlarda alg yağının kompleks koaservasyon tekniğı ile mikroenkapsülasyonun gerçekleştirmişler ve mikroenkapsülasyon veriminin $\%42,8 \pm 0,8$ - $\%93,1 \pm 1,2$ aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen mikroenkapsülasyon verimine ait sonuçlar literatürle uyum göstermektedir. Kompleks koaservasyon sürecini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Koaservasyon için itici güç, zıt yüklü iyonlar

arasındaki etkileşimden kaynaklanan reaksiyon sisteminin serbest elektrostatik enerjisindeki azalmadır. Reaksiyon ortamının sıcaklığı, iyonik kuvveti ve pH'ı, polimerlerin; karışım oranı, molekül ağırlığı, toplam konsantrasyonu ve yük yoğunlukları koaservasyon sürecinin başlatılmasında, sürdürülmesinde ve sonlandırılmasında önemli rol oynar. Karıştırma hızı, koaservatların boyutunun kontrol edilmesinde önemli bir rol oynar. Ayrıca, yükler etkileşimi tetikleyecek kadar büyük olmalı, ancak çökelmeye neden olacak kadar büyük olmamalıdır. Jelatin ve Arap zımkı için optimum pH 4, optimum polimer oranı 1:1'dir (Timilsena et al., 2019).

4.3.2. Yağ salımı

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi mikrokapsüllerin salım miktarı 7,5 saatte %80'e ulaşmıştır. Üzüm çekirdeği yağının salım hızı duvar materyalleri değiştirilerek kontrol edilebilir. Mikrokapsüllerin gerçek salınımı, aktif bileşenin özellikleri, mikrokapsüllerin yapısı ve boyutu, polimerin doğası ve çekirdek-polimer matris etkileşimi dahil olmak üzere çeşitli unsurlara dayanmaktadır (Zhang et al., 2019).



Şekil 4.3. Salım oranı grafiği

Koaservat mikrokapsüllerin kontrol edici salım özelliği yapıya, parçacık boyutuna, yüklemeye, çapraz bağlanma derecesine ve dağıtma ortamına göre belirlenir. Koaservat mikrokapsüllerin yapısı, emülsifikasyon işlemi sırasında homojenizasyon oranından önemli ölçüde etkilenir. Daha düşük bir homojenizasyon oranıyla hazırlanan mononükleer mikrokapsüller, yüksek

homojenizasyon oranıyla üretilen çok çekirdekli mikrokapsüllere göre iç çekirdek malzemesini daha hızlı serbest bırakır (Yeo et al., 2005). Daha küçük mikrokapsüller daha büyük yüzey alanına ve daha ince membrana sahiptir, bu nedenle çekirdek malzemesinin mikrokapsül membranı yoluyla salım ortamına yayılması daha kolaydır. Büyük ve orta büyüklükteki mikrokapsüller, kontrollü çekirdek salım uygulamaları için daha uygundur (Lee and Rosenberg, 1999). Yükleme artması, mikrokapsüllerin koruyucu etkinliğini azaltarak çekirdek malzemenin salınım hızını artırır (Bayomi et al., 1998). Dispersiyon ortamının koaservat mikrokapsüllerin salınımı üzerindeki etkisi çok önemlidir (Chang et al., 2003; Prata et al., 2008).

Zhang et al. (2012) yaptıkları çalışmada mikroalg yağını jelatin ve Arap zamkı duvar materyalleriyle, çapraz bağlayıcı olarak transglutaminaz kullanarak kompleks koaservasyon tekniği ile mikroenkapsüle etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada jelatin ve Arap zamkı mikrokapsüllerinden salınan yağın çapraz bağlanma parametrelerinin (sertleşme süresi, pH, sıcaklık ve transglutaminaz konsantrasyonu) değiştirilmesiyle düzelebileceğini gözlemlemişlerdir. Elde ettikleri verilerde 60 dakikada $153,6 \pm 12,9$ g/kg mikroalg yağı salındığını ve 240 dakikada $403,8 \pm 9,5$ g/kg mikroalg yağı salındığını tespit etmişlerdir. Yağ salınım eğrisinin başlangıçta yüksek bir oran gösterdiğini, ardından bir miktar sürekli salınım yaptıktan sonra sabitleştğini gözlemlemişlerdir.

4.3.3. Mikrokapsüllerin antioksidan aktivitesi, fenolik madde miktarı, flavonoid madde miktarı

Mikrokapsüllerin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) yöntemi kullanılmış ve sonuçlar % inhibisyon cinsinden verilmiştir. Mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarı gallik asit cinsinden verilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı su ile yapılan kontrol grubunda 2,55 mg GAE/100 g mikrokapsül olarak bulunmuştur. Mikrokapsüllerin flavonoid miktarı sonuçları kateşin eşdeğeri cinsinden verilmiştir. Toplam flavonoid madde miktarı su ile yapılan kontrol grubunda 0,83 mg KE/100 g mikrokapsül olarak bulunmuştur. Yapılan analizlere ait sonuçlar Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Mikrokapsüllerin antioksidan aktivitesi, fenolik madde miktarı, flavonoid madde miktarı

Örnek	DPPH (% inhibisyon)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100 g mikrokapsül)	Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg (+)-Kateşin /100 g mikrokapsül)
Mikrokapsül	%22,55±1,415	16,765±0,997	9,693±2,1637

Razmkhah et al. (2013) yaptıkları bir çalışmada kenaf tohumu yağını sodyum kazeinat ve maltodekstrin duvar materyali kullanarak püskürterek kurutma tekniği ile enkapsüle etmişlerdir. FRAP yöntemine göre yapılan antioksidan aktivite analizi sonucunun 24 gün depolama süresi boyunca 3,05±0,18 mg TE/100 g yağ ile 2,34±0,65 mg TE/100 g yağ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Leong et al. (2016) yapmış oldukları bir çalışmada kenaf tohumu yağını co-ekstrüzyon tekniği ile sodyum aljinat, metoksil pektin ve kitosan duvar materyalleri kullanarak mikroenkapsüle etmişlerdir. Mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarının 65°C'de 24 gün depolama boyunca 23,36±0,36 mg GAE/100 g yağ ile 20,67±0,32 mg GAE/100 g yağ değerleri arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. DPPH yöntemiyle yapılan antioksidan aktivite tayininde de 65°C'de 24 gün depolama boyunca sonuçların 25,57±0,73 mg TE/100 g yağ ile 32,26±0,67 mg TE/100 g yağ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Ferreira et al. (2016) yapmış oldukları çalışmada ham palm yağını püskürterek kurutma tekniğiyle cassava nişastası ve Arap zıncı duvar materyaliyle mikroenkapsüle edilmiştir. DPPH yöntemi kullanılarak tespit edilen antioksidan aktivite %29,25±1,13 olarak bulmuşlardır.

Chew et al. (2018) yapmış oldukları bir çalışmada püskürterek kurutma tekniğiyle β -siklodekstrin, Arap zıncı ve sodyum kazeinat duvar materyali ile kenaf çekirdeği yağını mikroenkapsüle etmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarının farklı duvar materyali kullanılarak yapılan mikropartiküllerde 4,40±0,42 mg/100 g, 8,87±1,31 mg/100 g, 10,99±1,46 mg/100 g yağ olduğunu tespit etmişlerdir. DPPH ile yapılan antioksidan aktivite ölçümünde farklı duvar materyali kullanılarak yapılan mikropartiküllerde 29,45±3,58 mg TE/100 g,

45,06±3,83 mg TE/100 g, 45,45±1,64 mg TE/100 g yağ olduğunu tespit etmişlerdir.

Fırtın et al. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada maltodeksin ve Arap zıncı duvar materyali kullanarak chia tohumu yağını ve kurkumini liyofilizasyon tekniği kullanarak enkapsüle etmişler ve toplam fenolik madde miktarını sadece chia tohumu yağını kapsüle ettikleri örnekte 14±3 mg GAE/l, chia tohumu yağı ve kurkumini kapsüle ettikleri örnekte 22±4 mg GAE/l olarak bulmuşlardır. DPPH yöntemi kullanarak ölçülen antioksidan aktivite değerini sadece chia tohumu yağını kapsüle ettikleri örnekte 11±1 mg TE/l, chia tohumu yağı ve kurkumini kapsüle ettikleri örnekte 12±1 mg TE/l olarak bulmuşlardır.

Drożdowska et al. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada keten tohumu yağını maltodekstrin ve nişasta kapsülü kullanarak püskürterek kurutma tekniğiyle mikroenkapsüle etmişlerdir. İki farklı oranda keten tohumu yağı kullanılarak yapılan mikroenkapsülasyonda 4 hafta depolama boyunca izlenen toplam fenolik madde miktarının 15,06±0,00 mg GAE/ml ile 20,05±0,01 mg GAE/ml arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. DPPH yöntemi ile yapılan antioksidan aktivite tayininde ise 4 hafta depolama boyunca sonuçların %51,21±0,05 ile %65,27±0,05 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Ribeiro et al. (2022) yapmış oldukları çalışmada kavrulmuş kahve yağının farklı maltodeksin ve kitosan nanopartikülü duvar materyali kombinasyonlarıyla püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma tekniği kullanılarak mikroenkapsülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen verilere göre toplam fenolik madde miktarı farklı duvar materyali kombinasyonlarında 19,4±0,2 mg GAE 100 g⁻¹ kuru mikrokapsül, 18,5±0,2 mg GAE 100 g⁻¹ kuru mikrokapsül, 46,3±0,2 mg GAE 100 g⁻¹ kuru mikrokapsül, 50,4± 0,3mg GAE 100 g⁻¹ kuru mikrokapsül, 60,2±0,2 mg GAE 100 g⁻¹ kuru mikrokapsül olarak bulunmuştur.

Chasquibol et al. (2023) yapmış oldukları bir çalışmada sachu inchi yağın Arap zıncı, maltodekstrin ve peynir altı suyu protein izolatı duvar materyali kullanarak püskürterek kurutma tekniğiyle mikroenkapsüle etmişlerdir. Elde edilen mikrokapsülün toplam fenolik madde miktarı 501,48±13,96 µg GAE/g ile 4239,80±26,40 µg GAE/g mikrokapsül aralığında tespit edilmiştir. DPPH

yöntemiyle yapılan antioksidan aktivite değeri % inhibisyon cinsinden $51,28 \pm 1,37$ ile $99,66 \pm 0,29$ aralığında tespit edilmiştir.

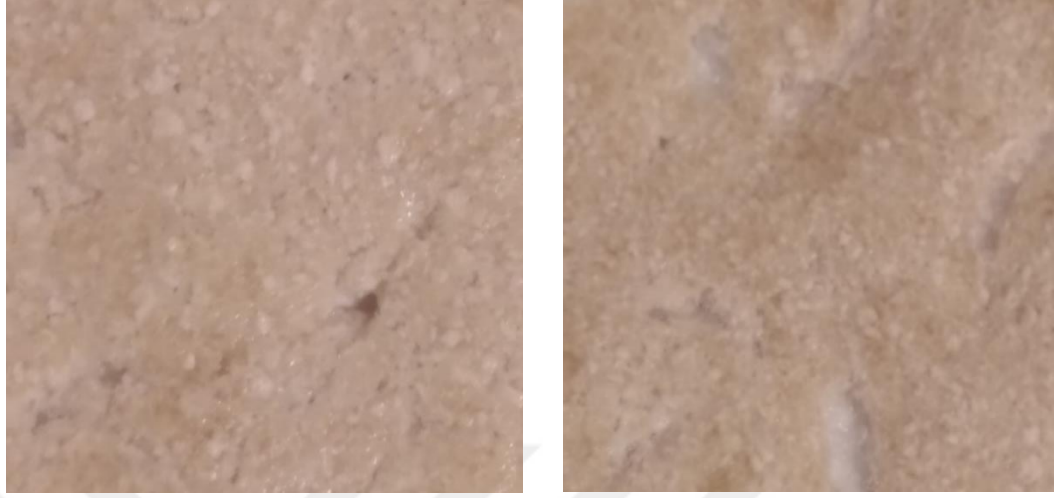
Olabiran et al. (2023) yapmış oldukları bir çalışmada karanfilli fesleğen uçucu yağını farklı oranlarda cassava nişastası ve Arap zamk duvar materyalleriyle emülsiyon tekniği ile enkapsüle etmişlerdir ve soya yoğurduna ilave etmişlerdir. Elde edilen mikrokapsüllerde FRAP yöntemiyle yapılan antioksidan aktive tayininde elde edilen değerlerin $11,01 \pm 0,01$ mg/100g ile $16,25 \pm 0,14$ mg/100 g arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Kazlauskaitė et al. (2023) yapmış oldukları bir çalışmada hindistan cevizi yağı içeren emülsiyonu maltodekstrin ve Arap zamk duvar materyali ile dondurarak ve püskürterek kurutma tekniğiyle enkapsüle etmişlerdir. Elde edilen mikrokapsüllerin FRAP yöntemiyle yapılan antioksidan aktivite tayininde püskürterek kurutulmuş olanın $173,25 \pm 0,25$ mg FeSO₄/g kuru mikrokapsül, dondurarak kurutulmuş olanın $252,62 \pm 0,01$ mg FeSO₄/g kuru mikrokapsül olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen mikrokapsüllerin fenolik madde miktarına, antioksidan aktivitesine ve flavonoid madde miktarına ait sonuçlar, literatürle uyum göstermektedir. Elde edilen mikrokapsüllerde üzüm çekirdeği yağının fenolik bileşiklerinin etkisi gözlenmektedir. Mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarı ve flavonoid madde miktarı kontrol gruplarından yüksek çıkmıştır. Kompleks koaservasyon tekniği ile üzüm çekirdeği yağının mikroenkapsülasyonunun gerçekleştiği ve bu yağın fenolik ve antioksidan aktivitesinin mikrokapsüle partiküllerde de görüldüğü gözlemlenmiştir.

4.3.4. Mikrokapsüllerde Renk Analizi

Mikrokapsüllerin görüntüleri Şekil 4.4.'te, renk değerleri de Tablo 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Kurutulmuş mikrokapsüller

HunterLab ColorFlex (ABD) model kolorimetrenin CIE modunda mikrokapsüllerin renk analizi yapılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Burada “L*” aydınlığı ifade etmekte ve değer aralığı “0” (siyah)- “100” (beyaz) arasında değişmektedir. “-a*” yeşilliği, “+a*” kırmızılığı ifade etmekte; “-b*” maviliği, “+b*” sarılığı ifade etmekte ve değer aralığı -60 ile +60 arasında değişmektedir. Kroma değeri rengin canlılık veya matlığını göstermektedir. Hue (°) açısı iki rengi ayırmayı sağlamaktadır.

Tablo 4.3. Mikrokapsüllerin renk analizi sonuçları

Örnek	L*	a*	b*	ΔC	h°
Mikrokapsül	64,32±0,036	4,64±0,026	21,30±0,036	21,789±0,0256	0,9998±0,00001

Bakry et al. (2016) yapmış oldukları bir çalışmada farklı oranlarda ton balığı yağı ve nane yağını, peynir altı suyu izolatu, karboksi metil selüloz ve pullulanın farklı kombinasyonları ile püskürterek kurutma ile enkapsüle etmişlerdir. Elde edilen mikrokapsüllerin renk değerleri L* değeri 94,50 civarında, a* değeri -0,18 ile -0,42 arasında ve b* değeri 4,04 ile 4,62 arasında bulmuşlardır.

González et al. (2016) yapmış oldukları bir çalışmada chia yağını farklı oranlarda soya proteini ve maltodekstrin duvar materyali kullanarak püskürterek

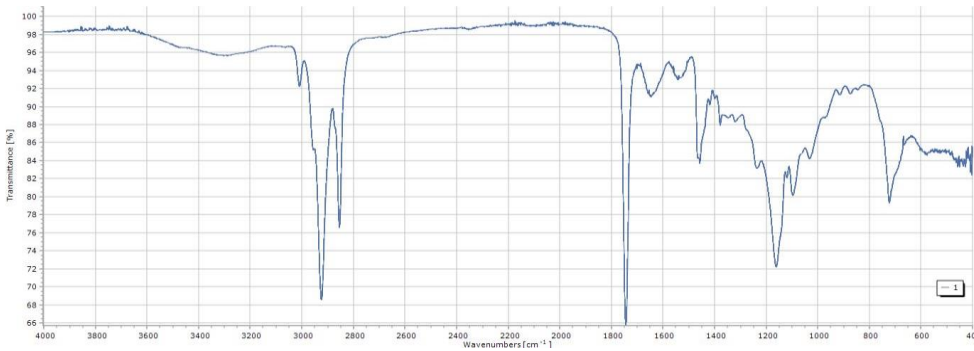
kurutma ve dondurarak kurutma yöntemiyle enkapsüle etmişlerdir. Elde edilen mikrokapsüllerde püskürterek kurutulanlarda L^* değeri $89,72 \pm 0,69$ ile $90,24 \pm 0,56$ arasında, a^* değeri $-0,01 \pm 0,13$ ile $-0,52 \pm 0,16$ arasında ve b^* değeri $12,96 \pm 0,80$ ile $15,65 \pm 0,33$ arasında bulmuşlar, dondurarak kurutulan mikrokapsüllerde ise L^* $81,94 \pm 0,67$ ile $82,94 \pm 0,93$ arasında, a^* değeri $0,67 \pm 0,12$ ile $1,26 \pm 0,13$ arasında ve b^* değeri $17,43 \pm 0,63$ ile $17,95 \pm 0,81$ arasında bulmuşlardır.

Lemos et al. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada L^* değerinin $72,73 \pm 0,14$ ile $79,26 \pm 0,35$ arasında değiştiğini, C değerinin $54,88 \pm 0,63$ ile $62,90 \pm 0,47$ arasında değiştiğini, h değerinin ise $78,60 \pm 0,11$ ile $80,57 \pm 0,24$ arasında değiştiğini tespit etmiştir.

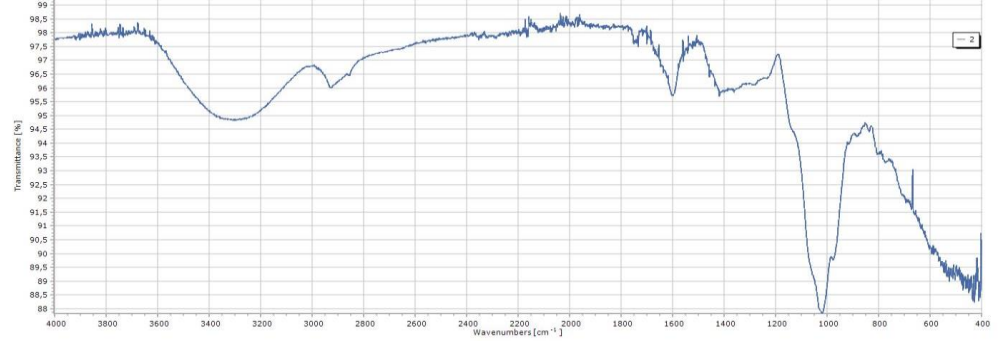
Mikrokapsüllerin kurumuş hali Şekil 4.4'te, analiz sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir. Mikrokapsüllerin rengini kapsülasyonu gerçekleştirilen yağ ve kullanılan duvar materyalleri etkilemektedir. Üzüm çekirdeği yağı sarı renge sahiptir. Mikrokapsüllerin rengini yıkama esnasında mikrokapsüllerden tam olarak ayırlamamış kapsüllenmemiş yağ, jelatin ve Arap zıncı duvar materyalleri etkilemiştir.

4.3.5. Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

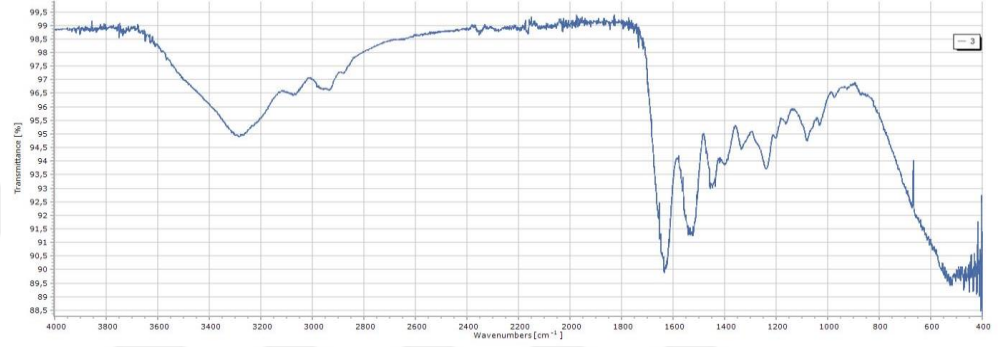
Perkin Elmer Spectrum Two cihazıyla $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ spektrum aralığında FTIR analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlere ait FTIR spektrumlar Şekil 4.5-4.6-4.7-4.8-4.9'da verilmiştir.



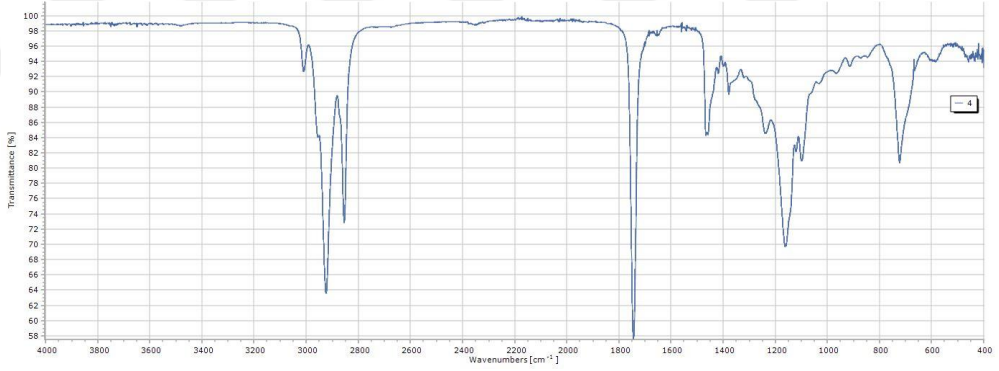
Şekil 4.5. Mikrokapsüle ait FTIR spektrumu



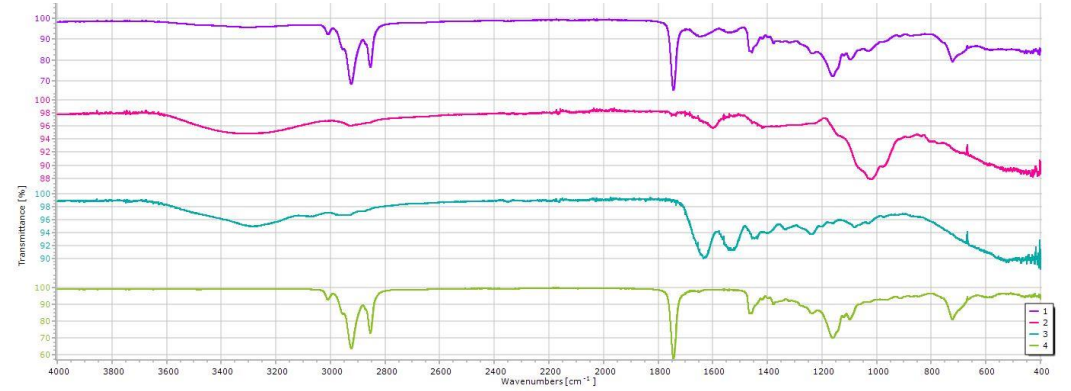
Şekil 4.6. Arap zamkına ait FTIR spektrumu



Şekil 4.7. Jelatine ait FTIR spektrumu



Şekil 4.8. Üzüm çekirdeği yağına ait FTIR spektrumu

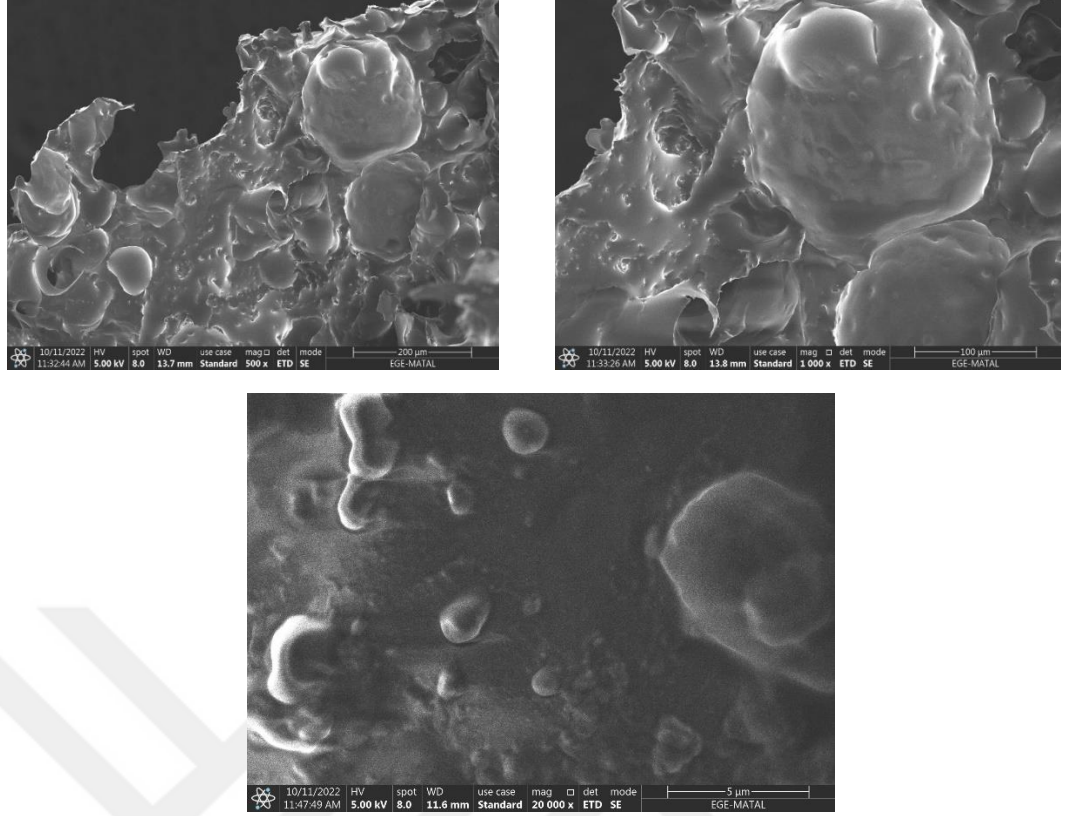


Şekil 4.9. Örnekler ait FTIR spektrumu 1. Mikrokapsül 2. Arap zamkını 3. Jelatin 4. Üzüm Çekirdeği Yağı

FTIR analizi kompleks oluştuğunda bazı bantların kaydığı gözlenmektedir. Şekildeki verilen spektrumlar incelediğinde $\sim 2854\text{-}2957\text{ cm}^{-1}$ 'de jelatin ve Arap zambında olmayan bantlar mikrokapsüllere ait spektrumunda yer almaktadır. Bu durum ürettiğimiz mikrokapsülün içerisinde üzüm çekirdeği yağının varlığını göstermektedir. Mikrokapsülün spektrumuna incelendiğinde $\sim 1032\text{ cm}^{-1}$ bulunan bant Arap zambına aittir. Bu durum mikrokapsülün yapısına Arap zambının girdiğini göstermektedir. Arap zambı ve jelatine ait spektrumlarda bulunan piklerin kaymış şekilde mikrokapsüle ait spektrumda da bulunduğu ve bazı bantların kayarak kompleks oluştuğu görülmektedir. Alkol jelatinin fonksiyonel grubunda bulunmakta ve ortamda bulunan asitle reaksiyona girmesi sonucu esterleşme reaksiyonu gerçekleşmektedir. Buna ait pik mikrokapsülün FTIR spektrumunda $\sim 1646\text{ cm}^{-1}$ de bulunmakta ve bu pik C=O grubunu göstermektedir. 3473 cm^{-1} bulunan geniş ve büyük Arap zambındaki -OH gerilme piklerinin ve jelatindeki C-N gerilme piklerinin ve birleşimidir. Mikrokapsül spektrumunda 2854 cm^{-1} , 2957 cm^{-1} yer alan pikler mikrokapsülün yapısında yer alan C-H bağlarını, Arap zambı spektrumunda $\sim 3300\text{ cm}^{-1}$ 'de görülen pik OH gerilimine, $\sim 2931\text{ cm}^{-1}$ 'de görülen pik C-H gerilimine ait ve jelatine spektrumunda $\sim 3287\text{ cm}^{-1}$ yer alan pik OH bağı varlığını, $\sim 1650\text{ cm}^{-1}$ 'de yer alan pik topluluğu ise yapıda C=O gruplarının varlığını göstermektedir (Köksal ve Göde, 2017; Göde ve Kebapçı, 2014).

4.3.6. Taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (SEM)

Jelatin-Arap zambı duvar materyalleriyle mikroenkapsüle edilen üzüm çekirdeği yağının oluşturduğu mikrokapsüllerin morfolojik özelliklerinin belirlenebilmesi için Thermo Scientific Apreo S taramalı elektron mikroskobunda (SEM) elde edilen görüntüler Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Mikrokapsüllerin SEM' de elde edilen görüntüleri

Dai et al. (2020) yaptıkları bir çalışmada soğuk sıkım susam yağının kompleks koaservasyon tekniği ile jelatin ve Arap zambaki duvar materyalleriyle mikrokapsülasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada küresel şekilli mikrokapsüller elde etmişlerdir.

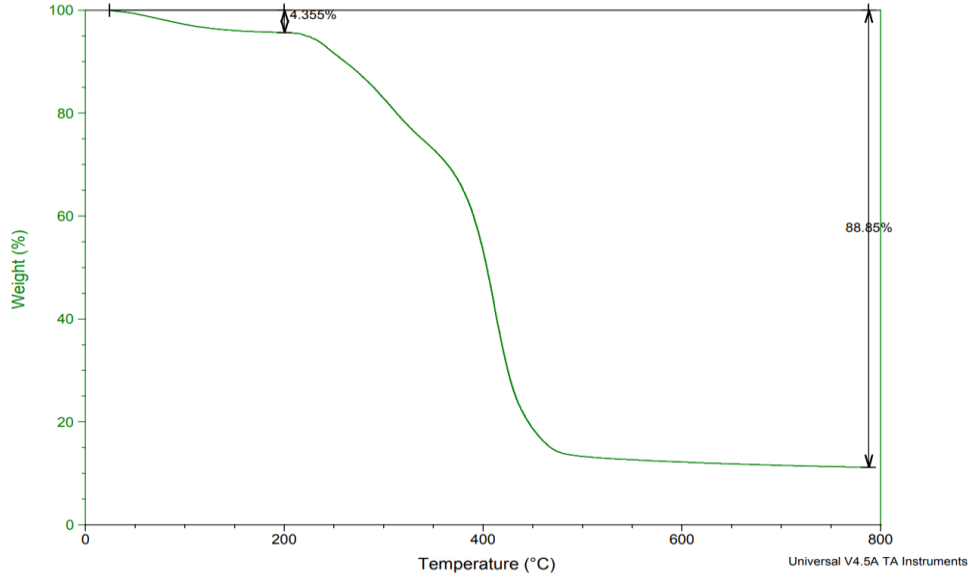
Chaib et al. (2021) yaptıkları bir çalışmada kekik esansiyel yağın kompleks koaservasyon ve emülsiyon teknikleriyle jelatin ve Arap zambaki duvar materyalleriyle mikrokapsüle etmişlerdir. Elde ettikleri mikropartiküller yuvarlak bir şekle ve çeşitli boyutlara sahiptir.

Xia et al. (2020) yaptıkları bir çalışmada ton balığı yağın kompleks koaservasyon tekniği kullanarak jelatin-sodyum heksametafosfat kompleksini duvar materyali olarak kullanarak kapsüllemişlerdir. Elde ettikleri mikropartiküller çubuk ve oval şeklindedir.

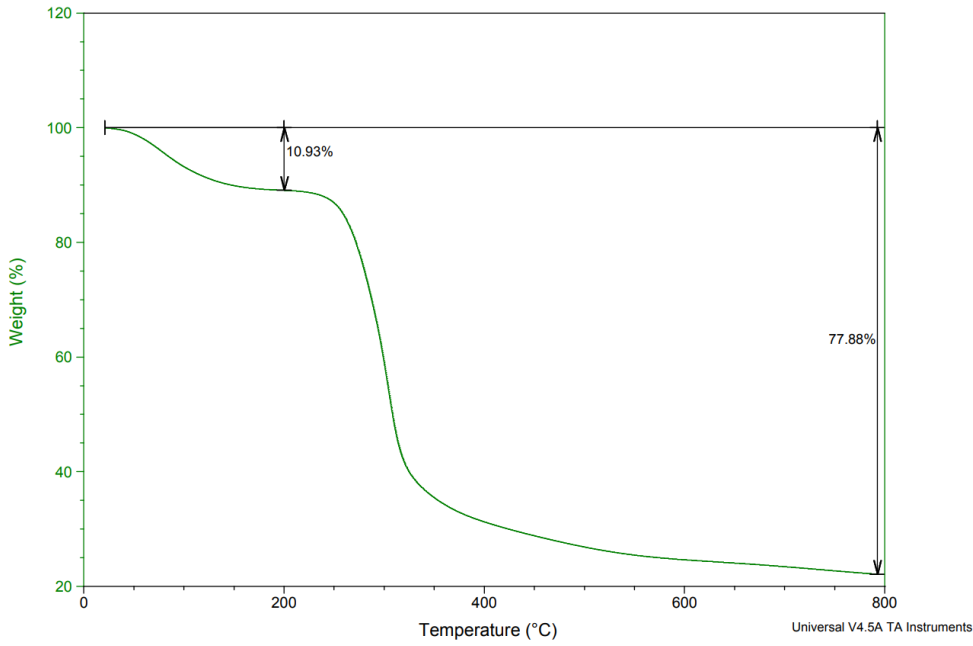
Üretilen mikrokapsüllerin küresel şekilli oldukları görülmektedir. Elde edilen görüntüler, literatürle uyum göstermektedir.

4.3.7. Termogravimetrik analiz

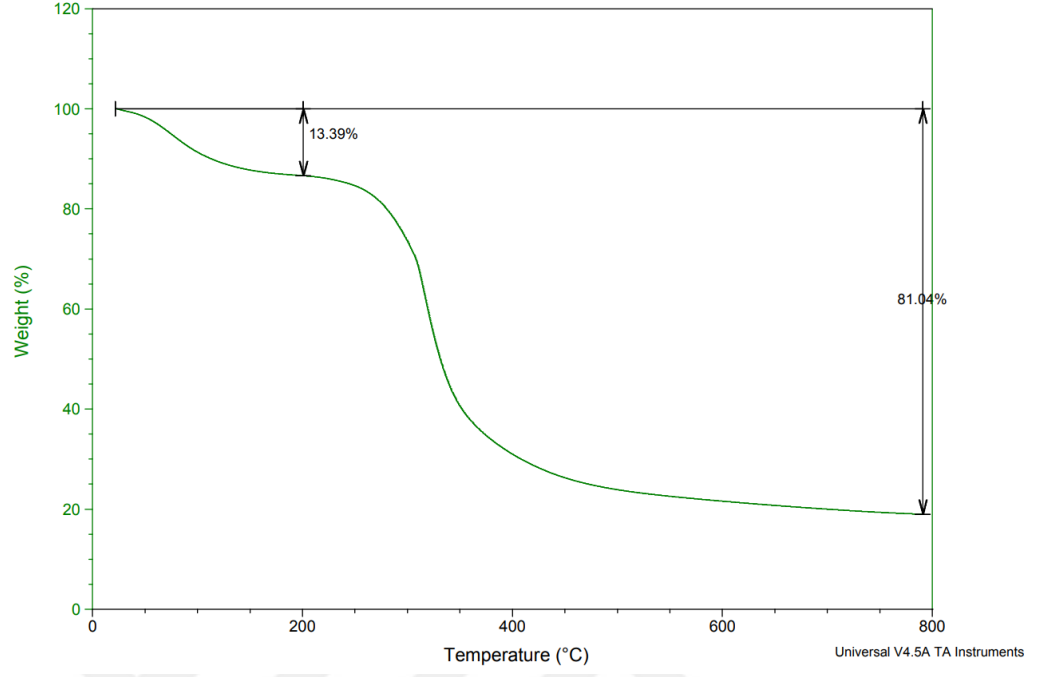
Hazırlanan mikrokapsüllerin ısısal özellikleri belirlemek amacıyla SDT= TGA + Düşük hassasiyet DSC ile 25°C ile 800°C sıcaklık aralığında ve 10°C/dk artış olacak şekilde yapılan analize ait elde edilen grafikler Şekil 4.11-4.12-4.13-4.14'te yer almaktadır.



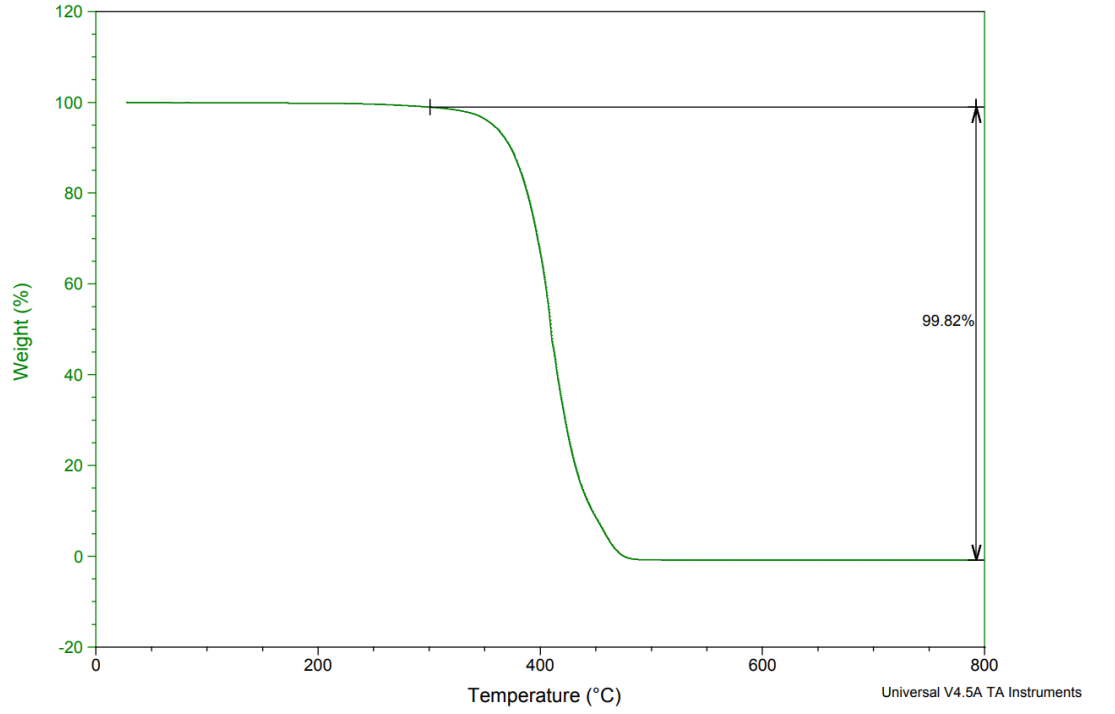
Şekil 4.11. Mikrokapsüle ait SDT eğrisi



Şekil 4.12. Arap zatkına ait SDT eğrisi



Şekil 4.13. Jelatine ait SDT eğrisi



Şekil 4.14. Üzüm çekirdeği yağına ait SDT eğrisi

SDT eğrisinde mikrokapsüldeki ayrışmanın iki aşamada gerçekleştiği görülmektedir. İlk ayrışma 25°C -200°C aralığında gerçekleşmekte ve kütle kaybı yaklaşık %4,35 olarak gözlenmektedir. Bu durum ilk aşamada kapsülün yapısındaki suyun uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. İkinci ayrışma 220-800°C aralığında olmakta ve toplam kütle kaybı yaklaşık %88,85 olarak gözlenmektedir. İncelenen çalışmalarda bu aralıkta kütle kaybının olmasının sebebi mikrokapsülasyonda kullanılan etken maddenin uzaklaşmasından kaynaklıdır. Üzüm çekirdeği yağının TGA eğrisi incelendiğinde 300-500°C arasında bu yağın %99,82'sinin ayrıştığı görülmektedir. Jelatin ve Arap zatkının TGA spektrumları incelendiğinde ise 25-200°C arasında sırasıyla %13,39 ve %10,93 ayrıştığı ve kütle kaybının da sırasıyla %81,04 ve %77,88 olduğu görülmektedir. Bu durumda mikrokapsüllerde en son duvar materyalleri parçalanacaktır. Çalışmamızda hazırlanan mikrokapsüller pişirilen Türk kahvesine katılmıştır. Türk kahvesinde pişirme sıcaklığı 90°C- 100°C civarında olmaktadır. Dolayısıyla çalışmamızda pişirilmiş Türk kahvesinde pişirme sıcaklığı 220°C'yi aşmadığı için mikrokapsüller çok fazla kayba uğramadan pişirilmiş Türk kahvesine içerdiği bileşikleri aktarmıştır (Köksal ve Göde, 2017; Göde ve Kebapçı, 2014).

4.4. TÜRK KAHVESİNDE YAPILAN ANALİZLER

4.4.1. Türk kahvesinde nem, protein ve toplam şeker tayini

TS ISO 11294 (2001) Kahve-Kavrulmuş, Öğütülmüş- Rutubet Muhtevası Tayini standardı kullanılarak kavrulmuş, öğütülmüş kahvelerin nem analizi etüv yöntemi kullanılarak 103°C'de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Türk kahvesinde yapılan analizler

Örnekler	Ortalama nem (%)
Az kavrulmuş	1,42 ^b ±0,017
Orta kavrulmuş	1,45 ^b ±0,081
Çok kavrulmuş	2,56 ^a ±0,062

Değerler "ortalama ± standart sapma" olarak verilmiştir.

^aAynı sütundaki küçük harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Orta kavrulmuş Türk kahvesinde kullanılan kahvenin protein içeriğini belirlemek amacıyla Kjeldahl yöntemiyle yapılan analizde protein içeriği %11,81, toplam şeker içeriğini belirlemek amacıyla Layne-Eynon yöntemiyle yapılan analizde toplam şeker içeriği 4,65 g/100 ml olarak tespit edilmiştir.

Bicho et al. (2012) yaptıkları bir çalışmada yeşil Arabika kahvede nemin $9,06 \pm 0,03$, yeşil Robusta kahvede ise $9,24 \pm 0,03$ olduğunu tespit etmiştir. Kavurma derecesine bağlı olarak nem miktarının kavrulmuş Arabika kahvede $1,32 \pm 0,00$ ile $3,12 \pm 0,01$ arasında değiştiğini, kavrulmuş Robusta kahvede ise $1,11 \pm 0,00$ ile $2,42 \pm 0,01$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Alkaltham et al. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada mikrodalga ve fırında kavurmanın kahve çekirdeklerinin toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda yeşil kahve çekirdeği, mikrodalgada kavrulmuş ve fırında kavrulmuş ve öğütülmüş kahve çekirdeklerinde nem miktarı sırasıyla $4,61 \pm 0,46$, $2,70 \pm 0,33$, $2,61 \pm 0,16$ olarak bulunmuştur.

Akgün and Arıcı (2019) yapmış oldukları bir çalışmada Türkiye pazarındaki bazı Türk kahvesi markalarında akrilamid ve toplam indirgen şeker, protein, pH, nem, kuru madde ile kuru maddedeki kül miktarı, kafein, çözünür katı madde içeriği renk parametreleri gibi seçilmiş parametrelerin incelemişlerdir. Türk kahvelerindeki protein miktarının $9,74 \pm 0,06$ ile $17,06 \pm 0,38$ arasında olduğunu, toplam indirgen şeker miktarının $0,03 \pm 0,01$ ile $0,27 \pm 0,01$ arasında olduğunu, nem miktarının ise $1,30 \pm 0,02$ ile $3,87 \pm 0,03$ arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Shehaj and Morina (2022) yapmış oldukları bir çalışmada 20 çeşit Türk kahvesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada Türk kahvesinin nem miktarının $1,3 \pm 0,8$ ile $3,4 \pm 0,13$ arasında değiştiğini, protein miktarının $14 \pm 0,31$ ile $16,7 \pm 0,21$ arasında değiştiğini, karbonhidrat miktarının ise $45,86 \pm 0,37$ ile $69,56 \pm 0,12$ arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Türk kahvesinin sakkaroz miktarını orta kavrulmuş Arabika kahve çekirdeğinde 4,2 g/100 g, orta kavrulmuş Robusta kahve çekirdeğinde ise 1,6

g/100 g' ır. Protein miktarı 7,5 g/100 g ile 10 g/100 g arasındadır. Kafein miktarı ise Arabika kahve çekirdeğinde 1,1-1,3 g/100 g arasında, orta kavrulmuş Robusta kahve çekirdeğinde ise 2,4-2,5 g/100 g arasındadır (Farah, 2012).

Türk kahvesinde yapılan nem tayini sonucu az, orta ve çok kavrulmuş kahve çeşitlerinde nem miktarı değerleri $1,42 \pm 0,017$, $1,45 \pm 0,081$ ve $2,56 \pm 0,062$ olarak bulunmuştur. Öğütülmüş kahvenin nem içeriği Türk Gıda Kodeksi “Kahve ve Kahve Ekstraktları Tebliği” ne göre en fazla %5 olmalıdır (TGKY, 2016). Elde edilen sonuçlar standartta belirtilen limit dahilindedir.

Orta kavrulmuş kahvede protein miktarı %11,81, toplam şeker miktarı 4,65 g/100 ml olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürde yer alan verilerle uyumludur.

4.4.2. Renk tayini

HunterLab ColorFlex (ABD) model kolorimetrenin CIE modunda Türk kahvesi örneklerinin renk analizi yapılmıştır. Renk değerleri L^* , a^* , ve b^* değerleri bu cihaz kullanılarak bulunmuştur. Burada “ L^* ” aydınlığı ifade etmekte ve değer aralığı “0” (siyah)- “100” (beyaz) arasında değişmektedir. “ $-a^*$ ” yeşilliği, “ $+a^*$ ” kırmızılığı ifade etmekte; “ $-b^*$ ” maviliğin, “ $+b^*$ ” sarılığı ifade etmekte ve değer aralığı -60 ile +60 arasında değişmektedir. Elde edilen veriler aşağıda Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5. Türk kahvesi renk tayini sonuçları

Örnekler	L^*	a^*	b^*
Az kavrulmuş	$33,17^a \pm 0,223$	$16,12^a \pm 0,296$	$29,26^a \pm 0,219$
Orta Kavrulmuş	$30,75^b \pm 0,532$	$15,99^a \pm 0,269$	$27,24^b \pm 0,501$
Çok Kavrulmuş	$27,63^c \pm 1,137$	$15,10^b \pm 0,442$	$23,22^c \pm 0,36$

Değerler “ortalama $\pm$ standart sapma” olarak verilmiştir.

^aAynı sütundaki küçük harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Chiralertpong (2010) yapmış olduğu bir çalışmada Arabika kahveyi 13,5 dakika 210°C’de kavurmuş ve b^* değerini ise 1,90, a^* değerini 3,20 olarak ölçmüştür. Duarte et al. (2005) yaptıkları bir çalışmada üç farklı sıcaklıkta kahve çekirdeklerini kavurarak az, orta ve çok kavrulmuş çekirdekler elde etmişlerdir. Bu çekirdekleri öğüttükten sonra renk değerlerini ölçtüklerinde kavurmayla

sıcaklığının artmasıyla renk değerleri olan L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Baggenstoss et al. (2007) yapmış oldukları bir çalışmada L^* değerinin kavrulmuş Kolombiya kahvelerde 29-30 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Turan Ayseli ve Selli (2018) yapmış oldukları bir çalışmada Türk kahvesinin kimyasal bileşimi ve duyuşal özellikleri üzerine iki farklı kavurma işleminin etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada Hunter Lab Scan cihazı kullanarak Türk kahvesinin rengini ölçmüşler ve orta kavrulmuş kahvede L^* değerini 29,15, b^* değerini 2,20, a^* değerini 3,33 olarak bulmuşlardır. Çok kavrulmuş Türk kahvesinde ise L^* değerini 26,62, b^* değerini -0,40, a^* değerini 1,25 olarak bulmuşlardır.

Bozkırlı (2019) yaptığı bir çalışmada yeşil kahvenin L^* değerinin 69,32, a^* değeri 1,22, b^* değeri 17,95 iken kahvenin farklı kavurma sürelerinde L^* ve b^* değerinin düştüğünü, a^* değerinin yükseldiğini tespit etmiş olup, 20 dakika kavurma süresinde L^* değerinin 34,96'ya düştüğünü, a^* değerinin 11,14'e çıktığını, b^* değerlerin 16,38'e düştüğünü gözlemlemiştir.

Akgün and Arıcı (2019) yapmış oldukları bir çalışmada Türk kahvesine ait renk değerlerinden L^* değerinin $40,73 \pm 0,19$ ile $46,72 \pm 0,05$ arasında olduğunu, a^* değerinin $5,91 \pm 0,13$ ile $8,38 \pm 0,03$ arasında olduğunu, b^* değerlerinin ise $6,04 \pm 0,08$ ile $12,01 \pm 0,10$ arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüksel et al. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada Türk kahvesinin başlangıçta 33 olan L değerinin kahveyi 4°C 'de bir aylık depolama süresi sonunda 26'ya düştüğünü, 25°C 'de depolandığında ise 25'e düştüğünü tespit etmişlerdir.

Turan Ayseli, Kelebek ve Selli (2021) yapmış oldukları çalışmada orta kavrulmuş Türk kahvesinde L değerini $29,2 \pm 0,01$, a değerini $3,3 \pm 0,01$, b değerini $2,2 \pm 0,01$ olarak, çok kavrulmuş Türk kahvesinde L değerini $26,6 \pm 0,01$, a değerini $1,3 \pm 0,01$, b değerini $-0,4 \pm 0,01$ olarak tespit etmişlerdir.

Coşgun (2022) yaptığı bir çalışmada farklı boyutlarda öğütülmüş, farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolanmış kahve örneklerinde L değerlerini 35,81 ile 37,45 arasında, a değerleri 8,50 ile 9,92 arasında, b değerlerini 9,69 ile 12,84

arasında, hue açısı (ton açısı) değerlerini 45,64 ile 52,81 arasında ve chroma değerlerini de 13,25 ile 16,22 arasında bulmuştur.

Elde edilen verilerde kahvenin kavurma derecesi arttığında L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığı Tablo 4.5'te görülmektedir. İncelenen literatür çalışmalarında elde edilen Türk kahvesi renk analizine ait değerler tezde elde edilen verilerle kısmen uyumluluk göstermektedir. Renk kahvenin orijinine, kavurma işlemine ve öğütme işlemine bağlı olarak değişmektedir. Kahvenin rengi kavurma ile yeşilden kahverengiye dönmekte ve kavurmanın derecesi (sıcaklık ve süre) arttıkça L değeri azalmaktadır (Bicho et al., 2012).

Yapılan Duncan testine göre az, orta ve çok kavrulmuş Türk kahvesi çeşitlerinde L^* , a^* ve b^* değerleri arasında birbiriyle kıyaslandığında aralarında da anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

4.5. Türk kahvesinin pişirilmesi

Türk kahvesi kontrol grubu ve kütlece %20-%30-%35 mikrokapsül ilave edilen Türk kahveleri pişirilmiş, filtre kağıdıyla süzölmüş ve iki paralel halinde toplam 24 örnek oluşmuştur.

4.6. Pişirilmiş Türk Kahvesinde Gerçekleştirilecek Analizler

4.6.1. Esmerleşme yoğunluğu

Pişirilmiş Türk Kahvelerinde 420 nm'de ölçölen esmerleşme yoğunluğu ait elde edilen değerler Tablo 4.6'da verilmiştir. Elde edilen verilerde kavurma derecesinin artışıyla 420 nm'de ölçölen absorbansların arttığı tespit edilmiştir. Duncan testine göre esmerleşme yoğunluğu için örnek grupları birbiriyle kıyaslandığında arasındaki fark anlamlı çıkmıştır ($p<0,05$). En yüksek absorbans çok kavrulmuş kahve örneğine ait, en düşük absorbans ise kütlece %35 mikrokapsül ilave edilerek pişirilen az kavrulmuş kahve örneğine aittir. Maillard reaksiyonu aminoasitlerin amino grubu ve indirgen şekerlerin karbonil grubu arasında gerçekleşen bir reaksiyondur ve bu reaksiyon sonucunda koyu renkli heterosiklik yapıda melanoidinler oluşur (Yıldız vd., 2010).

Tablo 4.6. Esmerleşme yoğunluğu sonuçları

Örnekler	Esmerleşme Yoğunluğu (420 nm absorbands)
AK	0,665 ^{bcdB} ±0,0212
%20MA	0,597 ^{defB} ±0,0467
%30MA	0,557 ^{efB} ±0,048
%35MA	0,512 ^{fB} ±0,0537
OK	0,702 ^{abcdB} ±0,0113
%20MO	0,661 ^{bcdB} ±0,0354
%30MO	0,652 ^{cdeB} ±0,0735
%35MO	0,6115 ^{defB} ±0,1011
ÇK	0,82 ^{aA} ±0,0339
%20MÇ	0,781 ^{abA} ±0,0269
%30MÇ	0,751 ^{abcA} ±0,0608
%35MÇ	0,712 ^{abcdA} ±0,0198

Değerler "ortalama ± standart sapma" olarak verilmiştir.

^aAynı sütundaki küçük harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir.

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre aynı koşullardaki kahve çeşitleri arasındaki farklılıkları göstermektedir (AK-Az kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MA-kütlece %20 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, %30MA- kütlece %30 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %35MA-kütlece %35 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, OK-Orta kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MO-kütlece %20 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %30MO- kütlece %30 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %35MO-kütlece %35 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, ÇK-Çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MÇ-kütlece %20 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %30MÇ- kütlece %30 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %35MÇ-kütlece %35 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi).

Kavruan Türk kahvesinde Maillard reaksiyonu gerçekleşmiştir. Mikrokapsül ilave edilmiş Türk kahvelerinde esmerleşme yoğunluğu azalmıştır. Bunun nedeni üzüm çekirdeği yağının içerdiği antioksidanlar olabilir. Gıdalarda enzimatik esmerleşmeyi önlemenin yollarından birisi antioksidan ilavesidir. Antioksidanlar ortamda bulunan serbest oksijenle tepkimeye girer ve oksijeni yapısına bağlar, bu durum oksijenin fenolikler bileşikler ile tepkimeye girmesini önlemekte ve enzimatik esmerleşmeyi engellemektedir (Numanoğlu ve Günalp, 2018).

4.6.2. Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi, toplam flavonoid madde içeriğinin belirlenmesi, antioksidan aktivite içeriğinin belirlenmesi (DPPH, FRAP yöntemi)

Türk kahvesi örneklerinde toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, antioksidan aktivite değeri ile ilgili yapılan analizlerde elde edilen

veriler Tablo 4.7’de verilmiştir. Elde edilen verilerde en yüksek fenolik madde miktarı ve toplam flavonoid madde miktarı sırasıyla 975,77±23,99 mg/100 ml, 513,09±21,76 mg/100 ml %35 mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesinde, en az fenolik madde miktarı ve toplam flavonoid madde miktarı sırasıyla 451,13±14,14 mg/100 ml, 332,32±22,84 mg/100 ml çok kavrulmuş Türk kahvesindedir. DPPH yöntemi ile yapılan antioksidan aktivite tayininde elde edilen en yüksek inhibisyon %68,45±0,303 ile %35 mikrokapsül ilaveli orta kavrulmuş Türk kahvesinde, en düşük inhibisyon ise %37,36±0,529 ile çok kavrulmuş Türk kahvesindedir. FRAP yöntemi ile tespit edilen antioksidan aktivite tayininde 1176,38±12,73 mg FeSO₄/100ml olarak orta kavrulmuş Türk kahvesinde, en düşük antioksidan aktivite ise 886,5±7,95 mg FeSO₄/100ml ile çok kavrulmuş Türk kahvesindedir.

Tablo 4.7. Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi, toplam flavonoid madde içeriğinin belirlenmesi, antioksidan aktivitenin belirlenmesi (DPPH, FRAP yöntemi)

Örnekler	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100 ml)	Toplam Flavonoid Madde içeriği (mg (+)-KE /100 ml)	Antioksidan Aktivitesi (DPPH) %İnhibisyon	Antioksidan Aktivitesi (FRAP Yöntemi) (mg FeSO ₄ /100ml)
AK	769,93 ^{eA} ±28,28	471,56 ^{bdA} ±38,81	56,55 ^{fB} ±0,298	958,38 ^{fB} ±7,07
%20MA	891,97 ^{bcA} ±14,09	490,02 ^{bcA} ±15,23	58,58 ^{eB} ±0,583	999,63 ^{deB} ±15,90
%30MA	914,97 ^{bA} ±18,33	513,09 ^{abA} ±21,76	59,63 ^{dB} ±0,248	1069,5 ^{cB} ±31,4
%35MA	975,77 ^{aA} ±23,99	553,09 ^{aA} ±23,93	63,92 ^{cB} ±0,168	1135,31 ^{bB} ±3,45
OK	707,33 ^{fA} ±15,56	393,09 ^{efgAB} ±19,58	59,63 ^{dA} ±0,157	1029,63 ^{dA} ±10,96
%20MO	844,53 ^{cdA} ±18,38	406,94 ^{efAB} ±30,46	64,5 ^{cA} ±0,444	1039 ^{cdA} ±7,95
%30MO	888,93 ^{bcA} ±21,21	425,4 ^{defAB} ±23,93	66,71 ^{bA} ±0,399	1073,75 ^{cA} ±13,26
%35MO	936,53 ^{abA} ±18,38	443,86 ^{cdeAB} ±32,64	68,45 ^{aA} ±0,303	1176,38 ^{aA} ±12,73
ÇK	451,13 ^{gB} ±14,14	332,32 ^{gB} ±22,84	37,36 ^{iC} ±0,529	886,5 ^{gC} ±7,95
%20MÇ	774,13 ^{eB} ±24,04	333,09 ^{gB} ±21,76	43,97 ^{hC} ±0,367	985,19 ^{efC} ±38,63
%30MÇ	840,53 ^{dB} ±29,7	343,86 ^{gB} ±21,75	45,48 ^{gC} ±0,43	1010 ^{deC} ±7,25
%35MÇ	916,33 ^{bbB} ±16,97	366,94 ^{fgB} ±36,99	45,94 ^{gC} ±0,128	1078,94 ^{cC} ±9,28

Değerler “ortalama ± standart sapma” olarak verilmiştir. ^aAynı sütundaki küçük harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. ^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre aynı koşullardaki kahve çeşitleri arasındaki farklılıkları göstermektedir (AK-Az kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MA-kütlece %20 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, %30MA- kütlece %30 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, %35MA-kütlece %35 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, OK-Orta kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MO-kütlece %20 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk

kahvesi, %30MO- kütlece %30 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %35MO-kütlece %35 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi,  K-çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20M - kütlece %20 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %30M - kütlece %30 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %35M -kütlece %35 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi).

Turan Ayseli ve Selli (2018) yapmış oldukları bir çalışmada Türk kahvesinin kimyasal bileşimi ve duyuşal özellikleri üzerine iki farklı kavurma işleminin etkisini incelemişlerdir. DPPH yöntemiyle yaptıkları antioksidan aktivite tayininde orta kavrulmuş kahve için EC50 değerini 9,40 mmol/l, koyu kavrulmuş kahve için EC50 değerini 7,51 mmol/l olarak bulmuşlardır. Yapılan toplam fenol madde miktarını orta kavrulmuş Türk kahvesinde 12,2 mg GAE/l olarak çok kavrulmuş Türk kahvesinde ise 10,49 mg GAE/l olarak tespit etmişler.

Guclu and Selli (2022) yapmış oldukları bir çalışmada otomatik kahve makinesinde, paslanmaz  elik cezvede ve bakır cezvede sıcak kum üstünde Türk kahvesini pi irmi lerdir. Toplam fenolik madde miktarı otomatik kahve makinesinde pişirilen kahvede 1558 2,5 mg GAE/l, paslanmaz  elik cezvede pi irildi inde 1900 3,1 mg GAE/l, bakır cezvede sıcak kum üstünde pi irildi inde 1413 4,6 mg GAE/l olarak tespit etmişlerdir. DPPH yöntemiyle yaptıkları toplam antioksidan aktivite tayininde otomatik kahve makinesinde pişirilen kahvede 4763 0,5  mol TE/l, paslanmaz  elik cezvede pi irildi inde 4892 0,8  mol TE/l, bakır cezvede sıcak kum üstünde pi irildi inde 4493 1,2  mol TE/l olarak tespit etmişlerdir.

Pinta  et al. (2022) yapmış oldukları bir çalışmada farklı markalara ait üç çeşit Türk kahvesin toplam fenolik aktivitesini 79,1 0,53 mg GAE/1 porsiyon (200 ml), 96,0 3,57 mg GAE/1 porsiyon (200 ml), 156 8,38 mg GAE/1 porsiyon (200 ml) olarak, toplam flavonoid madde miktarını 8,13 0,23 mg KE/1 porsiyon (200ml), 7,12 0,29 mg KE/1 porsiyon (200ml), 10,4 0,30 mg KE/1 porsiyon (200ml) olarak tespit etmişlerdir.

Uslu (2022) yapmış olduğu bir çalışmada demlenmi  kahvelerin antioksidan aktivitesinin, kafein içeriğinin ve fenolik bileşenlerinin kaynatma, infüzyon ile demleme ve zamana bağlı değişimini izlemiştir. Kolombiya kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendi inde 1., 3. ve 5. dakikadaki toplam fenolik bileşen miktarı sırasıyla 947,56 26,14 mg GAE/100 g, 974,21 32,04 mg

GAE/100 g, $955,50 \pm 35,95$ mg GAE/100 g olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise toplam fenolik madde miktarı 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $926,59 \pm 40,47$ mg GAE/100 g, $909,01 \pm 32,0$ mg GAE/100 g, $919,78 \pm 26,43$ mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Peru kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde 1., 3. ve 5. dakikadaki toplam fenolik bileşen miktarı sırasıyla $947,00 \pm 15,30$ mg GAE/100 g, $949,26 \pm 13,49$ mg GAE/100 g, $990,08 \pm 14,46$ mg GAE/100 g olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise toplam fenolik madde miktarı 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $941,89 \pm 17,36$ mg GAE/100 g, $926,02 \pm 30,64$ mg GAE/100 g, $926,59 \pm 33,48$ mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Brezilya kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde 1., 3. ve 5. dakikadaki toplam fenolik bileşen miktarı sırasıyla $954,93 \pm 20,46$ mg GAE/100 g, $977,04 \pm 28,99$ mg GAE/100 g, $1003,68 \pm 15,30$ mg GAE/100 g olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise toplam fenolik madde miktarı 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $924,32 \pm 15,01$ mg GAE/100 g, $907,88 \pm 22,92$ mg GAE/100 g, $903,91 \pm 14,50$ mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Kolombiya kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde 1., 3. ve 5. dakikadaki toplam flavonoid madde miktarı sırasıyla $8593,54 \pm 33,67$ mg KE/100 g, $8671,77 \pm 105,50$ mg KE/100 g, $8011,90 \pm 258,19$ mg KE/100 g olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise toplam flavonoid madde miktarı 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $8001,70 \pm 188,95$ mg KE/100 g, $8518,71 \pm 96,21$ mg KE/100 g, $8437,07 \pm 183,74$ mg KE/100 g olarak bulunmuştur. Peru kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde 1., 3. ve 5. dakikadaki toplam flavonoid madde miktarı sırasıyla $8576,53 \pm 102,38$ mg KE/100 g, $9198,98 \pm 137,16$ mg KE/100 g, $8671,77 \pm 126,17$ mg KE/100 g olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise toplam flavonoid madde miktarı 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $8096,94 \pm 121,02$ mg KE/100 g, $8525,51 \pm 96,08$ mg KE/100 g, $7722,79 \pm 69,87$ mg KE/100 g olarak bulunmuştur. Brezilya kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde 1., 3. ve 5. mg KE/100 g dakikada sırasıyla $7416,67 \pm 85,51$ mg KE/100 g, $8127,55 \pm 62,90$ mg KE/100 g, $8127,55 \pm 150,66$ mg KE/100 g olarak bulunmuştur. Kolombiya, Peru ve Brezilya kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde DPPH yöntemiyle ölçülen antioksidan aktivite değerinin $5,26 \pm 0,1201$ mmol TE/kg ile $8,36 \pm 0,0601$ mmol TE/kg arasında değiştiği, infüzyon yöntemiyle yapılan demlemede ise antioksidan aktivite değerinin $8,44 \pm 0,0601$ mmol TE/kg ile $9,11 \pm 0,01$ mmol TE/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. FRAP yöntemiyle ölçülen antioksidan aktivite değerinin

üç kahve çeşidinde de kaynatma ile demlemede $64,94 \pm 13,00$ mg FeSO_4/g ile $78,98 \pm 18,18$ mg FeSO_4/g arasında, infüzyon ile demlemede ise sonuçların $72,44 \pm 10,00$ mg FeSO_4/g ile $77,48 \pm 16,45$ mg FeSO_4/g arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Kanbolat et al. (2022) yapmış oldukları bir çalışmada yeşil kahve ve Türk kahvesinin fenolik profilini ve antioksidan etkilerini incelemiştir. Yapılan çalışmada sonucunda Türk Kahvesin toplam fenolik madde içeriğini $13,9 \pm 0,001$ mg GAE/g olarak FRAP yöntemiyle ölçülen antioksidan aktivite değerini $369 \pm 1,000$ μM TE/g olarak, DPPH ile ölçülen antioksidan aktivite değerini ise $0,190 \pm 0,004$ mg/ml olarak bulmuşlardır. HPLC ile tespit edilen fenolik bileşiklerden klorojenik asidi $9,903$ mg/g olarak bulmuşlardır.

Costea and Sevde (2020) yapmış oldukları bir çalışmada aromalandırılmış ve sade Türk kahvesinin fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktivitesini incelemiştir. DPPH yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktivite değerini $\%34,53 \pm 1,4102$ olarak, FRAP yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktivite değerini $104,6625 \pm 2,04$ mM TE/g olarak bulmuşlardır.

Alkaltham et al. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada mikrodalgada ve fırında kavurmanın kahve çekirdeklerinin toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisini incelemiştir. Toplam fenolik madde miktarı yeşil kahve çekirdeği, mikrodalgada kavrulmuş ve fırında kavrulmuş ve öğütülmüş kahve çekirdeklerinde sırasıyla $554,51 \pm 0,04$ mg GAE/100g, $479,17 \pm 0,02$ mg GAE/100g, $46215 \pm 0,06$ mg GAE/100g olarak bulunmuştur. DPPH yöntemiyle yapılan antioksidan aktivite tayininde antioksidan aktivite değeri yeşil kahve çekirdeği, mikrodalgada kavrulmuş ve fırında kavrulmuş ve öğütülmüş kahve çekirdeklerinde sırasıyla $\%75,73 \pm 0,01$, $\%49,41 \pm 0,01$, $\%47,23 \pm 0,01$ olarak tespit etmişlerdir.

Olechno et al. (2020) yapmış oldukları çalışmada farklı kahve çeşitlerinde toplam fenolik madde miktarına demleme metotlarının etkisini incelemiştir. İnfüzyon yöntemiyle yapılan demlemelerde toplam fenolik madde miktarını $\%100$ Arabica kahve çeşidinde $22,8 \pm 212$ mg GAE/100 g, $\%100$ Robusta kahve çeşidinde $226,9 \pm 200$ mg GAE/100 g, kafeinsizleştirilmiş Arabica kahve çeşidinde $166,9 \pm 134$ mg GAE/100 g, yeşil Arabica kahve çeşidinde $106,5 \pm 104$ mg

GAE/100 g, şeffaf paketle paketlenmiş Arabica kahve çeşidinde $142,2 \pm 135$ mg GAE/100 g, yeşil Robusta kahve çeşidinde $129,0 \pm 117$ mg GAE/100 g olarak tespit etmişlerdir.

Alnsour et al. (2021) yapmış oldukları bir çalışmada farklı orijinlere ait kahve örneklerinin toplam fenolik ve antioksidan aktivitesini ve buna kavurmanın etkisini incelemişlerdir. Elde ettikleri verilerde bu farklı kahve çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarının yeşil kahve çeşidinde $13,82 \pm 0,13$ mg GAE/g ile $17,25 \pm 0,14$ mg GAE/g arasında değiştiğini, az kavrulmuş kahve çeşidinde $9,84 \pm 0,02$ mg GAE/g ile $19,05 \pm 0,13$ mg GAE/g arasında değiştiğini, orta kavrulmuş kahve çeşidinde $12,31 \pm 0,02$ mg GAE/g ile $24,28 \pm 0,11$ mg GAE/g arasında değiştiğini, çok kavrulmuş kahve çeşidinde $9,44 \pm 0,11$ mg GAE/g ile $21,41 \pm 0,20$ mg GAE/g arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Olabiran et al. (2023) yapmış oldukları bir çalışmada karanfilli fesleğen uçucu yağını farklı oranlarda cassava nişastası ve Arap zıkkı duvar materyalleriyle emülsiyon tekniği ile enkapsüle etmişlerdir ve soya yoğurduna ilave etmişlerdir. Mikro kapsüllü yağ ilave edilen yoğurtta toplam fenolik madde miktarının $4,94 \pm 0,35$ ile $5,94 \pm 0,18$ mg/100 ml arasında değiştiği, toplam flavonoid madde miktarının $0,29 \pm 0,02$ mg/100 ml ile $0,35 \pm 0,08$ mg/100 ml arasında değiştiğini, DPHH yöntemiyle elde edilen antioksidan aktivitenin $\%55,02 \pm 1,20$ ile $56,88 \pm 0,61$ arasında değiştiğini, FRAP yöntemiyle yapılan antioksidan aktivite değerlerinin $26,28 \pm 0,10$ ile $27,51 \pm 0,20$ mg/100 ml arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Mikro kapsül ilave edilen yoğurtta antioksidan aktivite ve antibakteriyel aktivitenin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Ramadan et al. (2024) yapmış oldukları bir çalışmada karanfil ve tarçın yağını püskürterek kurutma tekniğiyle Arap zıkkı ve maltodekstrin duvar materyali ile enkapsüle etmişler ve elde edilen mikro kapsülleri kek hamuruna ilave edip kek yapmışlardır. Mikro kapsüllü keklerin toplam fenolik madde miktarı $1827,23 \pm 12,65$ mg GAE/100 g iken mikro kapsülsüz kekin toplam fenolik madde miktarını $598,17 \pm 10,51$ mg GAE/100 g olarak bulmuşlardır. Mikro kapsüllü keklerin toplam flavonoid madde miktarı $94,13 \pm 4,57$ mg KE/100 g iken mikro kapsülsüz kekin toplam fenolik madde miktarını $41,33 \pm 3,88$ mg KE/100 g olarak bulmuşlardır. Mikro kapsüllü keklerin DPPH yöntemiyle tespit edilen

antioksidan aktivitesi $76,03 \pm 3,81$ iken mikrokapsülsüz kekin DPPH yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktivitesi $13,54 \pm 2,59$ olarak bulmuşlardır. Mikrokapsüllü keklerin FRAP yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktivitesi $132,63 \pm 6,47$ iken mikrokapsülsüz kekin FRAP yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktivitesini $63,41 \pm 4,85$ olarak bulmuşlardır.

Erdem et al. (2016) yapmış oldukları bir çalışmada piyasadan topladıkları 18 farklı markaya ait Türk kahvesi örneklerinin in vitro nörobiyolojik etkilerini araştırmış ve HPLC’de klorojenik asit miktarının belirlemişlerdir. FRAP yöntemi kullanarak belirledikleri antioksidan aktivite tayininde Türk kahvelerinin antioksidan aktivitesinin $0,505 \pm 0,008$ $\mu\text{g/ml}$ ile $1,073 \pm 0,009$ $\mu\text{g/ml}$ arasında değiştiğini, DPPH yöntemi ile yapılan antioksidan aktivite tayininde sonucun $12,55 \pm 0,1$ ile $56,15 \pm 2,0$ arasında değiştiğini, toplam fenolik madde miktarının $123,04 \pm 1,27$ mg GAE/g ile $238,92 \pm 0,76$ mg GAE/g arasında değiştiğini, toplam flavonoid madde miktarının ise $49,08 \pm 1,04$ mg QE/g ile $161,43 \pm 2,03$ mg QE/g arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Nakilcioğlu-Taş (2017) yapmış olduğu bir çalışmada Türk usulü pişirilmiş kahvelerde şeker ilavesinin ve kavurma derecesinin biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisini incelemiştir. Az kavrulmuş Türk kahvesinde toplam fenolik madde miktarı $337,23 \pm 3,63$ mg GAE/100 ml, orta kavrulmuş Türk kahvesinde toplam fenolik madde miktarı $317,88 \pm 1,19$ mg/100 ml, çok kavrulmuş Türk kahvesinde toplam fenolik madde miktarını $220,74 \pm 3,93$ mg/100 ml olarak tespit etmiştir. Az kavrulmuş Türk kahvesinde toplam flavonoid madde miktarı $164,67 \pm 2,50$ mg GAE/100 ml, orta kavrulmuş Türk kahvesinde toplam flavonoid madde miktarı $123,28 \pm 2,22$ mg/100 ml, çok kavrulmuş Türk kahvesinde toplam flavonoid madde miktarını $36,33 \pm 3,61$ mg/100 ml olarak tespit etmiştir. Az kavrulmuş Türk kahvesinde DPPH yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktiviteyi $64,13 \pm 0,21$, orta kavrulmuş Türk kahvesinde DPPH yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktiviteyi $65,59 \pm 0,41$, çok kavrulmuş Türk kahvesinde DPPH yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktiviteyi $49,93 \pm 0,21$ olarak tespit etmiştir. Az kavrulmuş Türk kahvesinde FRAP yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktiviteyi $344,65 \pm 1,24$ mg FeSO₄/100 ml, orta kavrulmuş Türk kahvesinde FRAP yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktiviteyi $413,89 \pm 1,55$ mg FeSO₄/100 ml,

çok kavrulmuş Türk kahvesinde FRAP yöntemiyle tespit edilen antioksidan aktiviteyi $337,51 \pm 1,55$ mg FeSO₄/100 ml olarak tespit etmiştir.

Turan Ayseli, Kelebek ve Selli (2021) yapmış oldukları çalışmada orta kavrulmuş Türk kahvesinde toplam fenolik madde miktarını $12,5 \pm 0,10$ mg GAE/l, çok kavrulmuş Türk Kahvesinde toplam fenolik madde miktarını $11,5 \pm 0,01$ mg GAE/l olarak, DPPH yöntemi ile yaptıkları antioksidan aktivite tayininde sonucu orta kavrulmuş Türk kahvesinde $9,4 \pm 0,92$ mmol TE/l, çok kavrulmuş Türk Kahvesinde ise $7,5 \pm 0,65$ mmol TE/l olarak tespit etmişlerdir.

Melanoidinlerin radikal süpürme özellikleri ve OH, O₂ gibi ürünlerle reaksiyonları nedeniyle maillard reaksiyon ürünleri karışımı antioksidan aktivite göstermektedir (Yıldız vd., 2010).

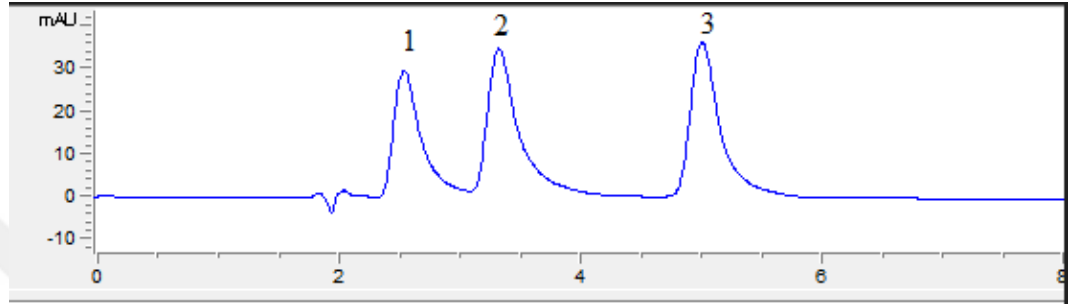
Turkmen et al. (2006) ve Morales et al. (2001) yaptıkları çalışmalarda maillard reaksiyonu ara ürünlerinden hidroksi metil furfuralin (HMF) antioksidan özelliği olduğunu tespit etmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada elde edilen verilere göre kavurma derecesi arttıkça toplam fenolik madde içeriği ve toplam flavonoid madde içeriğinin azaldığı, antioksidan madde içeriğinin ise az kavrulmuş Türk kahvesinden orta kavrulmuş Türk kahvesine doğru arttığı, ancak çok kavrulmuş Türk kahvesinde ise en az olduğu görülmektedir. Bu durumun maillard reaksiyonu ürünlerinin antioksidan aktivite göstermesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Mikrokapsül ilavesiyle üzüm çekirdeği yağının içerdiği fenolik bileşiklerden dolayı ve mikrokapsül ilave edilen kahveler her durumda mikrokapsülsüz kahvelere göre fazla fenolik madde, flavonoid madde içermekte, daha fazla antioksidan aktivite göstermektedir. Elde edilen veriler literatürdeki verilerle uyumludur.

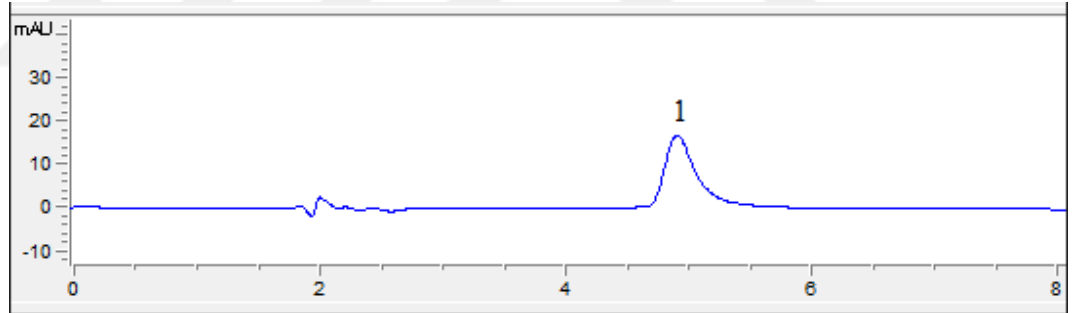
Yapılan Duncan testine göre DPPH yöntemi, FRAP yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite sonuçları, toplam fenolik madde miktarı ve toplam flavonoid madde miktarı için örnek grupları birbiriyle kıyaslandığında arasında fark anlamlı çıkmıştır ($p < 0,05$). Yapılan Pearson Korelasyon analizinde DPPH yöntemi, FRAP yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite sonuçları arasında, toplam fenolik madde miktarı ve toplam flavonoid madde miktarı arasında güçlü bir korelasyon vardır ($p < 0,01$).

4.6.3. HPLC ile Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşiklerin tayini

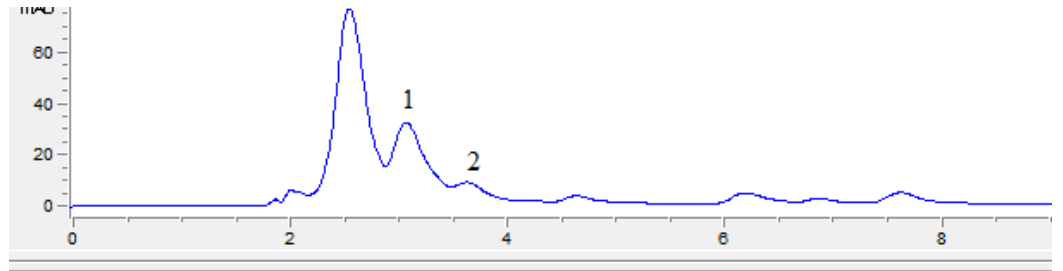
Şekil 4.15 ve 4.16'da HPLC'de elde edilen kromatograma göre standartların alıkonma zamanları 280 nm kafein için 4,9. dk, 324 nm'de klorojenik asit için 2,5. dk, kafeik asit için 3,3. dk, sinapik asit için 5. dk olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.17'de örneğe ait kromatogram verilmiştir. Örneklerin hiçbirinde sinapik asit tespit edilmemiştir.



Şekil 4.15. HPLC' de elde edilen 324 nm'deki standart karışıma ait kromatogram (1-klorojenik asit, 2-kafeik asit, 3-sinapik asit)



Şekil 4.16. HPLC' de elde edilen 280 nm'deki kafeine ait kromatogram (1-kafein)



Şekil 4.17. HPLC'de elde edilen az kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram (324 nm, 1-klorojenik asit, 2-kafeik asit)

Tablo 4.8’de verilen sonuçlara göre Türk kahvesi örneklerinde en yüksek kafein, klorojenik asit ve kafeik asit miktarı sırasıyla $87,01 \pm 0,171$ mg/100 ml, $118,621 \pm 0,543$ mg/100 ml, $14,403 \pm 0,266$ mg/100 ml olarak kütüce %35 mikrokapsül ilave edilmiş az kavrulmuş Türk kahvesinde, en düşük ise $64,017 \pm 0,979$ mg/100 ml, $85,187 \pm 0,112$ mg/100 ml, $2,693 \pm 0,169$ mg/100 ml ile mikrokapsül ilave edilmemiş çok kavrulmuş Türk kahvesinde tespit edilmiştir.

Kanbolat et al. (2022) yapmış oldukları bir çalışmada HPLC ile tespit edilen fenolik bileşiklerden klorojenik asidi $9,903$ mg/g olarak bulmuşlardır.

Turan Ayseli, Kelebek and Selli (2021) yapmış oldukları çalışmada *Coffea arabica* çekirdeklerinden elde edilen pişirilmiş orta ve koyu kavrulmuş Türk kahvesinin aroma aktif bileşikleri ve klorojenik asitlerini incelemişlerdir. HPLC C-MS/MS ve DAD dedektör kullanarak yaptıkları analiz sonucunda orta kavrulmuş Türk kahvesinde klorojenik asit miktarını $1399,5 \pm 32,12$ mg/l, çok kavrulmuş Türk kahvesinde klorojenik asit miktarını $912,0 \pm 20,64$ mg/l, orta kavrulmuş Türk kahvesinde kafein miktarını $571 \pm 5,84$ mg/l, çok kavrulmuş Türk kahvesinde kafein miktarını $601 \pm 15,09$ mg/l olarak tespit etmişlerdir.

Erdem et al. (2016) yapmış oldukları bir çalışmada HPLC kullanılarak ölçtükleri klorojenik asit miktarının piyasadaki 18 farklı kahve çeşidinde $0,127 \pm 0,001$ ile $2,335 \pm 0,010$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Smoković et al. (2011) yaptıkları bir çalışmada Türk kahvesinde HPLC kullanılarak ölçülen klorojenik asit miktarı $105,73 \pm 1,56$ mg/l, kafein miktarı $120,53 \pm 7,89$ mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Tablo 4.8. HPLC ile tayin edilen Türk kahvesinde kafein ve fenolik bileşikler

Örnekler	Kafein Miktarı (mg/100ml)	Klorojenik Asit Miktarı (mg/100ml)	Kafeik Asit Miktarı (mg/100ml)
AK	$75,765^{fA} \pm 0,478$	$107,792^{gA} \pm 0,284$	$6,76^{fA} \pm 0,143$
%20MA	$80,69^{dA} \pm 0,164$	$111,503^{eA} \pm 0,518$	$9,69^{dA} \pm 0,06$
%30MA	$83,099^{cA} \pm 0,093$	$116,738^{bA} \pm 0,651$	$13,34^{bA} \pm 0,117$
%35MA	$87,01^{aA} \pm 0,171$	$118,621^{aA} \pm 0,543$	$14,403^{aA} \pm 0,266$
OK	$74,05^{gA} \pm 0,203$	$106,595^{hB} \pm 0,307$	$5,029^{hB} \pm 0,187$
%20MO	$77,496^{eA} \pm 0,499$	$109,608^{fB} \pm 0,55$	$8,155^{eB} \pm 0,057$
%30MO	$81,238^{dA} \pm 0,836$	$113,469^{dB} \pm 0,138$	$11,089^{cB} \pm 0,039$

%35MO	84,452 ^{bA} ±0,123	115,674 ^{cB} ±0,124	13,186 ^{bB} ±0,108
ÇK	64,017 ^{jB} ±0,979	85,187 ^{lC} ±0,112	2,693 ^{iC} ±0,169
%20MÇ	68,418 ^{iB} ±0,755	90,192 ^{kC} ±0,099	5,666 ^{gC} ±0,245
%30MÇ	71,67 ^{hB} ±0,554	94,084 ^{jC} ±0,184	8,028 ^{eC} ±0,222
%35MÇ	74,59 ^{gB} ±0,215	95,709 ^{iC} ±0,246	9,674 ^{dC} ±0,184

Değerler "ortalama±standart sapma" olarak verilmiştir. ^aAynı sütundaki küçük harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. ^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre aynı koşullardaki kahve çeşitleri arasındaki farklılıkları göstermektedir (AK-Az kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MA-kütlece %20 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, %30MA- kütlece %30 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, %35MA-kütlece %35 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, OK-Orta kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MO-kütlece %20 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %30MO- kütlece %30 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %35MO-kütlece %35 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, ÇK-Çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MÇ-kütlece %20 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %30MÇ- kütlece %30 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %35MÇ-kütlece %35 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi).

Król et al. (2020) yaptıkları çalışmada organik veya konvansiyonel üretim ve kavurma koşullarının (az, orta, çok kavurma) 12 aylık depolama sırasında polifenolik bileşiklerin üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada az kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte kafein miktarı $6,42 \pm 0,22 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen kafenin miktarı $8,75 \pm 0,5 \text{ mg g}^{-1}$ olarak, az kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte kafeik asit miktarı $0,007 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen kafenin miktarı $0,16 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$ olarak, az kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte klorojenik asit miktarı $8,00 \pm 0,46 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen kafenin miktarı $0,02 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir. Orta kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte kafein miktarı $5,77 \pm 1,13 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen kafenin miktarı $7,93 \pm 0,13 \text{ mg g}^{-1}$ olarak, orta kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte kafeik asit miktarı $0,009 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen kafeik asit miktarı $0,12 \pm 0,02 \text{ mg g}^{-1}$ olarak, az kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte klorojenik asit miktarı $5,56 \pm 0,46 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen klorojenik asit miktarı $0,02 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir. Çok kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte kafein miktarı $2,63 \pm 0,11 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen kafenin miktarı $4,26 \pm 1,03 \text{ mg g}^{-1}$ olarak, orta kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte kafeik asit miktarı $0,146 \pm 0,01 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen kafeik asit miktarı $0,11 \pm 0,07 \text{ mg g}^{-1}$ olarak, az kavrulmuş taze kavrulmuş örnekte klorojenik

asit miktarı $4,35 \pm 0,37 \text{ mg g}^{-1}$ iken depolama süresinden sonra ölçülen klorojenik asit miktarı $0,03 \pm 0,00 \text{ mg g}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir.

Uslu (2022) yapmış olduğu bir çalışmada kafeik asit miktarı Kolombiya kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $15,85 \pm 2,10 \text{ mg/100 g}$, $3,51 \pm 1,81 \text{ mg/100 g}$, $2,79 \pm 1,20 \text{ mg/100 g}$ olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $0,96 \pm 0,71 \text{ mg/100 g}$, $16,83 \pm 0,72 \text{ mg/100 g}$, $9,48 \pm 4,36 \text{ mg/100 g}$ olarak bulunmuştur. Peru kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde kafeik asit miktarı 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $1,89 \pm 0,46 \text{ mg/100 g}$, $2,43 \pm 0,58 \text{ mg/100 g}$, $2,04 \pm 0,36 \text{ mg/100 g}$ olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $8,98 \pm 4,45 \text{ mg/100 g}$, $10,75 \pm 1,02 \text{ mg/100 g}$, $8,81 \pm 3,53 \text{ mg/100 g}$ olarak bulunmuştur. Brezilya kahvesi kaynatma yöntemiyle demlendiğinde 1., 3. ve 5. dakikadaki toplam fenolik bileşen miktarı sırasıyla $9,72 \pm 5,14 \text{ mg/100 g}$, $11,71 \pm 0,18 \text{ mg/100 g}$, $5,05 \pm 3,29 \text{ mg/100 g}$ olarak bulunmuş, infüzyon yöntemi ile demlendiğinde ise toplam fenolik madde miktarı 1., 3. ve 5. dakikada sırasıyla $8,41 \pm 1,11 \text{ mg/100 g}$, $8,83 \pm 4,82 \text{ mg/100 g}$, $2,22 \pm 0,03 \text{ mg/100 g}$ olarak bulunmuştur. Bu çalışmada her iki yöntemle yapılan demlemede kafein içeriğinin $1366,29 \pm 4,11 \text{ mg/100 g}$ ile $1845,54 \pm 6,12 \text{ mg/100 g}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Nakilcioğlu-Taş (2017) yapmış olduğu bir çalışmada HPLC ile Türk kahvesindeki fenolik bileşikleri incelemiştir. Az kavrulmuş Türk kahvesinde klorojenik asit miktarını $8,26 \pm 0,02 \text{ mg/100 ml}$, kafein miktarını $142,81 \pm 0,09 \text{ mg/100 ml}$, kafeik asit miktarını $13,73 \pm 0,02 \text{ mg/100 ml}$, sinapik asit miktarını $14,60 \pm 0,02 \text{ mg/100 ml}$ olarak tespit etmiştir. Orta kavrulmuş Türk kahvesinde klorojenik asit miktarını $4,65 \pm 0,03 \text{ mg/100 ml}$, kafein miktarını $133,95 \pm 0,05 \text{ mg/100 ml}$, kafeik asit miktarını $5,48 \pm 0,01 \text{ mg/100 ml}$, sinapik asit miktarını $9,13 \pm 0,00 \text{ mg/100 ml}$ olarak tespit etmiştir. Çok kavrulmuş Türk kahvesinde klorojenik asit miktarını $3,76 \pm 0,01 \text{ mg/100 ml}$, kafein miktarını $107,16 \pm 0,02 \text{ mg/100 ml}$, sinapik asit miktarını $6,44 \pm 0,02 \text{ mg/100 ml}$ olarak tespit etmiştir.

Kim et al. (2006) yaptıkları bir çalışmada üzüm çekirdeklerinin ısıtılmasının üzüm çekirdekleri ekstraktlarının antioksidan aktivitesi üzerine etkisini incelemiştir. Üzüm çekirdeklerinde bulunan kafeinin ısıtılmadan önce

0,69 mg/ml olduğunu, 100°C’de 10 dk üzüm çekirdekleri tozunun ısıtılmasıyla kafein miktarının 0,96 mg/ml’ye yükseldiğini, üzüm çekirdeklerinin bütün olarak 150°C’de 40 dk ısıtılmasıyla kafeinin 0,74 mg/ml’ye yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Hassan et al. (2019) yaptıkları bir çalışmada HPLC tekniği ile farklı organik solventlerde ekstrakte ettikleri üzüm çekirdeğindeki kafein miktarlarını su ile ekstraksiyonda 4,017 ppm, %100 etanolle ekstraksiyonda 32,2 ppm, %50 etanolle ekstraksiyonda 327 ppm, %100 asetonla ekstraksiyonda 69,69 ppm, % asetonla ekstraksiyonda 345,07 ppm, %100 metanolle ekstraksiyonda 429,73 ppm, %70 metanolle ekstraksiyonda 543,65 ppm, %100 kloroformla ekstraksiyonda 98,9 ppm olarak tespit etmişlerdir.

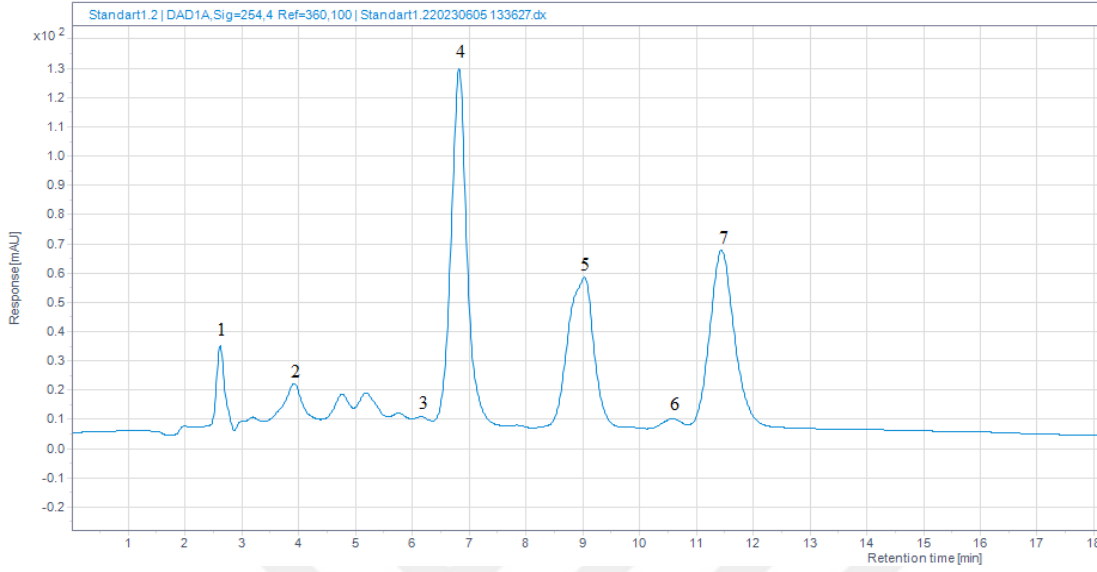
Yapılan çalışmaların çoğunda Türk kahvesindeki kafein ve fenolik bileşiklerin kahvenin orijinine, işleme koşullarına, depolama koşullarına, kavurma derecesine, demleme yöntemine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerde Tablo 4.8’de verilen verilerde kavurmanın etkisiyle kafein, klorojenik asit ve kafein miktarının azaldığı, mikrokapsüller ilave edilmiş kahve çeşitlerinde ise eklenen mikrokapsülün kütlesi arttıkça bu bileşiklerin arttığı gözlenmiştir. Üzüm çekirdeğinin içerdiği kafeinin de etkisiyle mikrokapsül ilavesiyle pişirilmiş Türk kahvelerinde kafeinin arttığı tespit edilmiştir. Kullanılan mikrokapsüller üzüm çekirdeği yağının fenolik bileşiklerini Türk kahvesini pişirme aşamasında korumuş ve bu bileşikleri Türk kahvesine aktarmıştır.

Yapılan Duncan testine göre kafein, kafeik asit, klorojenik asit için örnek grupları birbiriyle kıyaslandığında arasında fark anlamlı çıkmıştır ($p<0,05$). Yapılan Pearson korelasyon analizinde kafein, kafeik asit ve klorojenik asit arasında güçlü bir korelasyon vardır ($p<0,01$).

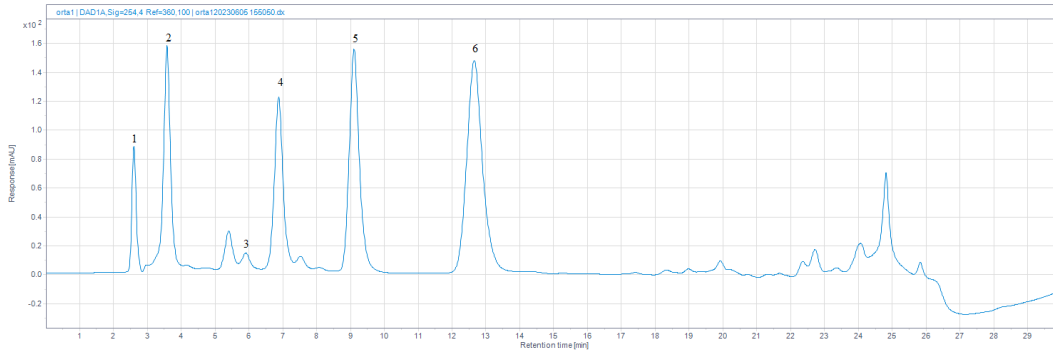
4.6.4. HPLC ile Türk kahvesinde biyojen aminlerin tayini

HPLC ile Türk kahvesinde biyojen amin standart karışımlarına ait kromatogram Şekil 4.18’de verilmiştir. Bu kromatogramda standartların alıkonma zamanları yaklaşık olarak putresin 2,5. dk, kadaverin 4. dk, spermidin 6,2. dk, iç standart 7. dk, histamin 9. dk, serotonin 11. dk, tiramin 12. dk olarak tespit

edilmiştir. Şekil 4.19’da orta kavrulmuş Türk kahvesine ait HPLC kromatogramı verilmiştir. Örneklerin hiçbirinde serotonin tespit edilmemiştir.



Şekil 4.18. HPLC'de biyojen amin standart karışımlarına ait kromatogram (1-putresin, 2-kadaverin, 3-spermidin, 4-iç standart, 5-hisamin, 6-serotonin, 7-tiramin)



Şekil 4.19. Biyojen amin tayininde HPLC'de elde edilen orta kavrulmuş Türk kahvesi örneğine ait kromatogram (1-putresin, 2-kadaverin, 3-spermidin, 4-iç standart, 5-histamin, 6-tiramin)

Aşağıdaki Tablo 4.9’da sonuçlar verilmiştir. Buna göre en yüksek putresin miktarı $39,4 \pm 1,36$ $\mu\text{g/ml}$ olarak mikrokapsülsüz az kavrulmuş Türk kahvesinde, en düşük putresin miktarı $4,78 \pm 1,38$ $\mu\text{g/ml}$ olup %35 mikrokapsül ilaveli çok kavrulmuş Türk kahvesindedir. En yüksek kadaverin miktarı $94,91 \pm 7,23$ $\mu\text{g/ml}$ olarak mikrokapsülsüz çok kavrulmuş Türk kahvesinde, en düşük kadaverin miktarı $59,95 \pm 3,7$ $\mu\text{g/ml}$ ise %35 mikrokapsül ilaveli orta kavrulmuş Türk kahvesindedir. En yüksek spermidin, histamin ve tiramin miktarları sırasıyla $186,23 \pm 8,44$ $\mu\text{g/ml}$, $113,64 \pm 1,50$ $\mu\text{g/ml}$, $400,03 \pm 2,72$ $\mu\text{g/ml}$ olarak mikrokapsülsüz az kavrulmuş Türk kahvesindedir. Putresin, spermidin, histamin

ve tiramin miktarları kavurma derecesi arttıkça azalmıştır. Toplam biyojen amin miktarı az kavrulmuş kahvede en çok, çok kavrulmuş %35 mikrokapsül içeren Türk kahvesinde en azdır. Kavurma derecesi ve mikrokapsül ilavesi arttıkça toplam biyojen amin miktarı azalmaktadır.

Tablo 4.9. HPLC ile ölçülen Türk kahvesindeki biyojen aminler

Örne kler	Putresin Miktarı (µg/ml)	Kadaverin Miktarı (µg/ml)	Spermidin Miktarı (µg/ml)	Histamin Miktarı (µg/ml)	Tiramin Miktarı (µg/ml)	Toplam biyojen amin (µg/ml)
AK	39,4 ^{aA} ± 1,36	77,5 ^{bcdA} ±6,53	186,23 ^{aA} ±8, 44	113,64 ^{aA} ±1,50	400,03 ^{aA} ±2,72	816,79 ^{iA} ±14, 83
%20 MA	32,97 ^{bA} ±1,5 8	74,34 ^{cdeA} ±5,5	67,48 ^{cA} ±17, 97	-	220,17 ^{cB} ±0,25	394,96 ^{hA} ±13 ,81
%30 MA	15,49 ^{cA} ±0,55	74,07 ^{cdeAB} ±4,4 5	66,33 ^{cA} ±15, 77	-	13,72 ^{gA} ±0,82	169,62 ^{eA} ±12 ,69
%35 MA	9,66 ^{efA} ±0,95	64,85 ^{deA} ±4,16	57,40 ^{cA} ±11, 17	-	-	131,9 ^{dA} ±7,9 6
OK	38,46 ^{aA} ±2,24	74,65 ^{cdeA} ±5,24	90,70 ^{bb} ±8,1 4	52,39 ^{bB} ±0,66	272,17 ^{bB} ±4,63	528,37 ^{iA} ±1,1 8
%20 MO	29,6 ^{bA} ±0,48	64,47 ^{deA} ±6,47	56,63 ^{cA} ±14, 30	20,51 ^{cA} ±3,40	159,11 ^{dA} ±5,68	330,31 ^{gA} ±0, 77
%30 MO	10,6 ^{eA} ±0,091	63,21 ^{deB} ±3,53	28,83 ^{dB} ±3,6 5	-	19,01 ^{fB} ±3,42	121,64 ^{cdA} ±4, 3
%35 MO	10,47 ^{eA} ±0,09	59,95 ^{eA} ±3,7	25,86 ^{dB} ±4,5 5	-	7,47 ^{ghA} ±2,50	103,75 ^{bcA} ±1, 56
ÇK	22,27 ^{cB} ±5,01	94,91 ^{aA} ±7,23	9,67 ^{deC} ±2,50	1,125 ^{dC} ±0,2	69,00 ^{eC} ±5,77	196,98 ^{fB} ±5,4 7
%20 MÇ	12,59 ^{deB} ±0,7	91,30 ^{abA} ±15,4	1,1 ^{eB} ±0,24	-	5,35 ^{hB} ±0,98	110,34 ^{bcB} ±1 5,46
%30 MÇ	6,06 ^{eB} ±0,36	85,80 ^{abcA} ±6,62	1,86 ^{eB} ±0,62	-	0,57 ^{hC} ±0,13	94,28 ^{abB} ±5,7 7
%35 MÇ	4,78 ^{eB} ±1,38	71,27 ^{cdeA} ±3,99	3,37 ^{eC} ±0,74	-	1,20 ^{hB} ±0,58	80,61 ^{aB} ±2,44

Değerler "ortalama±standart sapma" olarak verilmiştir. ^aAynı sütundaki küçük harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. ^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre aynı koşullardaki kahve çeşitleri arasındaki farklılıkları göstermektedir (AK-Az kavurulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MA-kütlece %20 mikrokapsül içeren az kavurulmuş Türk kahvesi, %30MA- kütlece %30 mikrokapsül içeren az kavurulmuş Türk kahvesi, %35MA-kütlece %35 mikrokapsül içeren az kavurulmuş Türk kahvesi, OK-

Orta kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MO-kütlece %20 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %30MO- kütlece %30 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %35MO-kütlece %35 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, ÇK-Çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MÇ- kütlece %20 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %30MÇ- kütlece %30 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %35MÇ-kütlece %35 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi).

Biyojen aminler, amino asitler, peptitler ve amino asitler ve proteinleri içeren gıdalarda doğal olarak bulunan bir molekül grubudur. Amino asit dekarboksilazları serbest bırakarak bunların oluşumunu katalize eden mikroorganizmalara maruz kaldıkları için gıdalarda konsantrasyonları genellikle işleme ve depolama sırasında artmaktadır. Biyojen aminlerin belirli değerlerin üzerindeki konsantrasyonları, toksisite, alerjik reaksiyonlar ve kardiyovasküler hastalık riskini artırır. Bu nedenle biyojen aminlerin konsantrasyonunu azaltabilecek biyoaktif bileşikler üzerinde çalışmalar giderek artmaktadır (Tsafack and Tsopmo, 2022). Yapılan çalışmalar esansiyel yağlar, bitki ekstraktları, organik asitlerle biyojen amin üreten mikroorganizmaların inhibe edildiğini göstermektedir (Li et al., 2022; Huang et al., 2021; Zhou et al., 2016).

Bitki ve hayvan metabolizmasında düşük konsantrasyonlarda biyojen amin oluşmaktadır ama biyojen aminler daha çok serbest amino asitlerin mikrobiyal dekarboksilasyonu sonucu üretilmektedir. Gıdalarda biyojen amin oluşması, mikroorganizmaların; proteolitik aktivitelerine, sahip oldukları dekarboksilaz enzimlerinin aktivitelerine ve gelişim faktörlerine göre değişmektedir. Gıdalardaki biyojen aminlerin çeşidi ve miktarı; mikrobiyal flora, gıdanın bileşimi ve depolama sırasında mikrobiyal gelişimi etkileyen faktörler (pH, sıcaklık, su aktivitesi), ambalajlama çeşidi ve olgunlaşma süresinden etkilenmektedir (Akan ve Demirağ, 2018).

Biyojen aminler kahve meyvelerinin meydana gelişi ve gelişimi sırasında yüksek seviyelerde gözlenmektedir. Özellikle putresin, spermidin ve sperminin öncü bileşiği olarak çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu diamin, glutamin veya argininden türetilen ornitin dekarboksilasyonu ile sentezlenmektedir. Ayrıca *C. arabica* ve *C. canephora* türlerinde tohumların olgunlaşması sırasında az miktarda kadaverin ve triptamin oluşumu gözlenmektedir. Yeşil kahve çekirdeklerinde biyojen aminler serbest ve konjuge formlarda bulunmaktadır. Putresin en bol bulunan biyojen amindir. Aminlerin oluşumu, çeşidi, menşei, olgunlaşma aşaması

ve hasat sonrası sürecin yanı sıra depolama sırasında mikrobiyal veya termal dekarboksilasyon reaksiyonlarıyla da meydana gelmektedir. Bununla birlikte, yeşil kahve çekirdeklerinde sağlığa zararlı biyojen aminlerin (histamin, triptamin ve tiramin gibi) konsantrasyonu insan sağlığı açısından ihmal edilebilir düzeydedir. Amino asitler biyojen aminlerin öncüleridir ve ayrıca kahve kavurma işlemi sırasında Maillard reaksiyonu ve Strecker bozunmasıyla aroma oluşumundan sorumludur. Yeşil kahve çekirdekleri %0,5 (*C. arabica*) ve %0,8 (*C. canephora*) serbest amino asit içerir. Hasat sonrası olgun kahvede en çok bulunan serbest amino asitler glutamik asit, aspartik asit, alanin ve asparajindir. Hasat sonrası işlemlerde (ıslak/yarı yıkanmış/kuru), ıslak işlenmiş kahvelerin, tetiklenen çimlenme aktivitesi ve artan protein hidrolizinden dolayı daha yüksek konsantrasyonlarda serbest amino asitlere (özellikle glutamik asit) sahiptir. Kuru işlemede glutamik asit içeriği daha düşüktür. Amino asitler kavurma işleminde bozunmaktadır. Kavurma işleminde amino asitler Maillard reaksiyonu, Strecker bozunması, polimerizasyon (melanoidinler) ve piroliz reaksiyonlarında kullanılmaktadır (Macheiner et al., 2022).

Cirilo et al. (2003) ve Olivera et al. (2005) yaptıkları çalışmalarda kahve kavurma işlemiyle kahvedeki biyojen aminlerin stabilitelerinin bozulduğunu tespit etmişlerdir.

Putresin ısıl işleme çok duyarlıdır. Spermidin ısıl işlemlere daha dirençli davranmakta ve hatta agmatin oluşturmaktadır. Kahve kavurma işleminin kurutma aşamasında histamin ve triptaminin tamamen bozunabilmektedir (Macheiner et al., 2022).

Cai et al. (2015) yaptıkları bir çalışmada depolama sırasında çay polifenollerinin 6-gingerol ile kombinasyon halinde karides ezmesi üzerine uygulamışlar ve biyojen amin oluşumunu incelemişlerdir. Başlangıçtaki karides ezmesinin biyojen amin düzeyi düşük (<50 mg/kg) olduğunu, ancak depolama süresi uzadıkça yükseldiğini tespit etmişlerdir. Histamin, karides ürünleri zehirlenmesinin etken maddesi olduğundan dolayı histamini incelediklerinde, en yüksek histamin konsantrasyonu kontrol örneklerinde (113,37 mg/kg) gözlemlemişler ve 6-gingerol ile birleştirilen çay polifenollerinin depolama sırasında karides ezmesinde histamin oluşumunu önemli ölçüde engellediğini

tespit etmişlerdir. Bu durumun hem çay polifenollerinin hem de 6-gingerolün antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Depolama süresinin başlangıcında tiramin tespit edilmemiş ve çay polifenollerinin hem de 6-gingerolün karides ezmesinde tiramin, triptamin ve feniletilamin üzerinde en büyük inhibitör etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

Zhou et al. (2016) yapılan bir çalışmada sarımsak, zencefil, tarçın ve yıldız anason özleri dahil olmak üzere baharatların etanol ekstraktlarının balık sosu fermantasyonu sırasında biyojen aminlerin birikimini azaltmadaki etkilerini incelemişlerdir. Histamin, putresin, tiramin ve spermidin içeren biyojenik aminlerin konsantrasyonlarının tümünün, balık sosu fermantasyonu sırasında arttığını gözlemlemişlerdir. Baharatsız örneklerle karşılaştırma yaptıklarında sarımsak ve yıldız anason özleri bu artışları önemli ölçüde azalttığını, en büyük inhibitör etki sarımsak etanolik ekstraktında olduğunu, kontrollerle karşılaştırıldığında, sarımsak özü ile muamele edilen örneklerin histamin, putresin içeriği, tiramin ve spermidin içerikleri ve genel biyojenik amin seviyeleri sırasıyla %30,49, %17,65, %26,03, %37,20 ve %27,17 oranında azaldığını tespit etmişlerdir.

Akan and Özdestan Ocak (2019) yaptıkları bir çalışmada tarhanaya üzüm çekirdeği ekstraktı ilavesinin tarhananın kalite, besin değeri ve biyojen aminler üzerine etkisini depolama süresi incelemişlerdir. Bu amaçla 0 (kontrol), 4, 8 ve 16 g/kg konsantrasyonlarında üzüm çekirdeği ekstraktı içeren tarhana üretimi yapmış ve 6 ay süreyle depolamışlardır. Bunu sonucunda farklı konsantrasyonlarda üzüm çekirdeği ekstraktı içeren tarhanaların biyojen amin içeriğinin sırasıyla 428, 473, 120 ve 75 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir ve üzüm çekirdeği ekstraktının biyojen aminleri azaltmada etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

Majcherczyk and Surówka (2019) yapmış oldukları çalışmada lahana turşusu fermantasyonu ve buzdolabında depolama sırasında soğan veya kimyonun biyojen amin oluşumu üzerine etkilerini incelemişlerdir. 18°C'de 14 gün boyunca kimyon, soğan ve ikisinin de içermeyen lahana turşusunun fermantasyonunda putresin seviyesinde önemli bir değişikliğin olmadığını, ancak 31°C'de putresinde artış gözlemlendiğini tespit etmişlerdir. 18°C'de kadaverin, triptamin ve tiraminin fermantasyon süresiyle birlikte yavaş ama önemli bir konsantrasyon artışı

gösterdiğini ve bu konsantrasyonların, çiğ lahanada kaydedilenlerden iki veya üç kat daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Düşük sıcaklıkta kimyon veya soğan ilavesinin kadaverin ve tiramin oluşumu üzerindeki engelleyici etkisini tespit etmişler ve hiçbir katkı maddesi olmadan üretilen lahana turşusunun katkı maddelerinden biriyle yapılan lahana turşusundan daha yüksek konsantrasyonlarda biyojen amin içerdiğini görmüşlerdir.

Burgut (2020) yapmış olduğu bir çalışmada propolisin su ve etanollü ekstraktlarının gıda kaynaklı gram negatif ve gram pozitif bakterilerin büyümeleri üzerine etkisini ve bunların biyojen amin üretimi üzerine etkisini incelemiştir. Elde ettiği veriler her iki propolis ekstraktının biyojen aminleri inhibe etmesi nedeniyle antimikrobiyal olarak kullanılabileceğini gösterdi ve her iki ekstraktın da *Yersinia enterocolitica* kaynaklı histamin birikimini 81 kat azalttığını tespit etti.

Erol and Özdestan Ocak (2020) yapmış oldukları bir çalışmada nar çekirdeği ekstraktının fermente bir gıda olan tarhanada biyojen amin oluşumuna etkisini incelemişlerdir. %0,5, %1, %2 oranında nar çekirdeği ekstraktını tarhana hamuruna ilave etmişler ve putresin, kadaverin, spermidin, spermin ve histamin miktarının ilave edilen ekstrakt miktarı arttıkça azaldığını, tarhananın depolama süresi uzadığında ilk iki ayda putresin, kadaverini, histamin ve tiramin miktarının azaldığının depolama süreci 6 aya kadar uzadığında bu biyojen aminlerin arttığını tespit etmişlerdir.

Jia et al. (2020) yapmış oldukları bir çalışmada kuru fermente koyun eti sosisinin fermantasyonu sırasında baharatların biyojen aminlerin oluşumu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri verilerle yedi baharat ekstraktının (özellikle sinameki ve karanfil) kuru fermente koyun eti sosisindeki biyojen aminler üzerinde inhibe edici etkilere sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Huang et al. (2021) yaptıkları bir çalışmada füme at etinden yapılmış sosise kekik esansiyel yağı ilavesinin pH'ı ve biyojen aminlerin oluşumunu engellediğini tespit etmişlerdir.

Li et al. (2022) yaptıkları bir çalışmada Pasifik beyaz karidesinin kontrol grubu, dondurularak soğutulmuş grup ve çay polifenoli ilave edilip dondurularak soğutulmuş grup olarak üç farklı grupta melanozu, kalite özelliklerini ve bakteri

üremesini ve ayrıca çay polifenolünün karides üzerindeki koruyucu etkilerini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda çay polifenolünün dahil edilmesi, dondurularak soğutulmuş karidesleri koruduğunu tespit etmişlerdir. Karideslerin melanozu ve lipid oksidasyonu azaldığını, biyojen aminlerin birikiminin geciktiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda biyoaktif bileşiklerin ilavesinin birçok gıdada biyojen aminleri azaltmada etkili olduğu gözlenmektedir. Elde edilen verilerde putresin en fazla az kavrulmuş Türk kahvesinde, en az kütlece %35 mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesindedir. Kadaverin en fazla çok kavrulmuş Türk kahvesinde, en az kütlece %35 mikrokapsül ilaveli orta kavrulmuş Türk kahvesindedir. Spermidin en fazla az kavrulmuş Türk kahvesinde, en az kütlece %20 mikrokapsül ilaveli çok kavrulmuş Türk kahvesindedir. Histamin en fazla az kavrulmuş Türk kahvesindedir. Mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvelerinde, kütlece %30-%35 mikrokapsül ilaveli orta kavrulmuş Türk kahvelerinde ve kütlece %20-%30-%35 mikrokapsül ilaveli çok kavrulmuş Türk kahvelerinde histamin tespit edilmemiştir. Tiramin en fazla az kavrulmuş Türk kahvesinde, en az kütlece %30 mikrokapsül ilaveli çok kavrulmuş Türk kahvesindedir. Genel olarak Türk kahvesine mikrokapsüle üzüm çekirdeği yağı ilave edildiğinde biyojen aminlerin azaldığı görülmektedir. Kavurma derecesi arttıkça putresin, spermidin, histamin ve tiramin azalmıştır. Kadaverin kavurma derecesinin artışıyla önce azalmış (az-orta), sonra artmıştır (orta- çok). Kavurma derecesinin artması ve mikrokapsüle üzüm çekirdeği yağı ilavesiyle histaminin tamamen bozunduğu görülmüştür. %35 mikrokapsül ilaveli çok kavrulmuş Türk kahvesinde toplam biyojen amin miktarı en azdır. Biyojen amin analizinde elde edilen sonuçlar literatürle uyumludur.

Yapılan Duncan testine göre putresin, kadaverin, spermidin, histamin, tiramin biyojen amin çeşitleri için örnek grupları birbiriyle kıyaslandığında arasında fark anlamlı çıkmıştır ($P<0,05$). Yapılan Pearson korelasyon analizinde putresinle, spermidin, histamin ve tiramin arasında güçlü bir korelasyon vardır ancak putresinle kadaverin arasında korelasyon yoktur. Kadaverinle diğer biyojen aminlerin hiçbirisi arasında korelasyon yoktur. Sperminle histamin ve tiramin arasında ve histaminle tiramin arasında güçlü bir korelasyon vardır ($p<0,01$).

6.5. Duyusal Analiz

Tüketicilerin zevk ve beğenilerine hitap edecek ürünler üretmek adına duyusal analizler yapılmaktadır. 5 duyu organı açısından yeterli özellikler aranan bu analizlerde, ürünün ne amaçla tüketileceğine uygun olarak kalite parametreleri, panelistler tarafından belirli saatler ve belirli laboratuvar koşullarında uygun panellerde belirlenmektedir. Türk kahvesi örneklerinin duyusal olarak değerlendirmesi eğitilmiş panelistler tarafından oluşturulan puanlama testiyle yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 4.10'da verilmektedir. Türk kahvesi örneklerinin sırasıyla renk, koku, görünüş ve tüm izlenim sonuçlarının kıyaslaması Şekil 4.20' de verilmektedir.

Renk açısından değerlendirildiğinde az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 4, 4, 3,71'dir. %20 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 3,14, 3,29, 3,14'tür. %30 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 3,14, 2,86, 2,43'tür. %35 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,43, 3,43, 2,43'tür. Üzüm çekirdeği yağı ilavesi doğrudan yapılan az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinde sırasıyla 2,43, 2,29, 2,14'tür.

Tablo 4.10. Duyusal analiz sonuçları

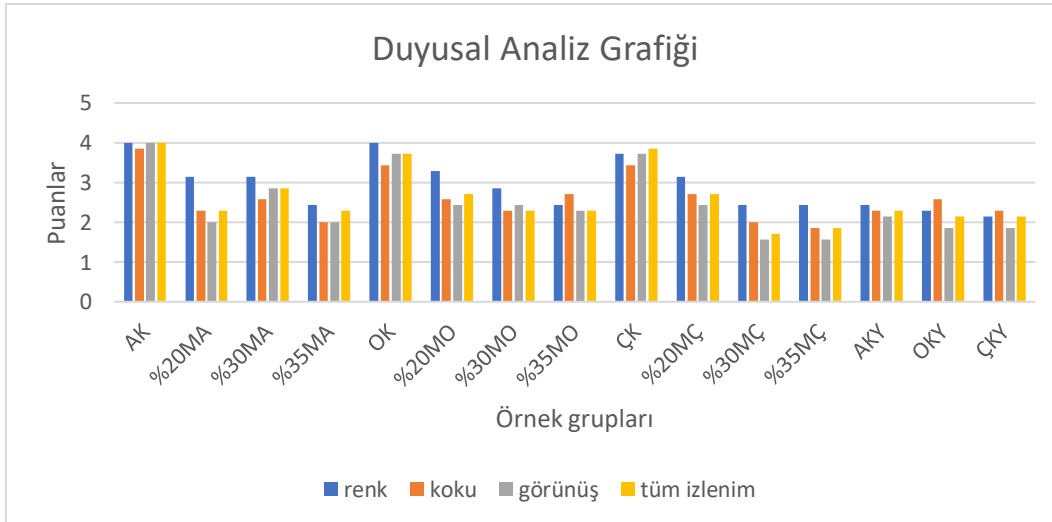
Örnekler	Renk	Koku	Görünüş	Tüm izlenim
AK	4 ^{eA} ±0,82	3,86 ^{cA} ±1,07	4,00 ^{cA} ±0,82	4,00 ^{eA} ±0,82
%20MA	3,14 ^{bcA} ±0,69	2,29 ^{aA} ±0,49	2,00 ^{abA} ±0,82	2,29 ^{abA} ±0,49
%30MA	3,14 ^{bcA} ±0,69	2,57 ^{abA} ±0,54	2,86 ^{bA} ±0,90	2,86 ^{cdA} ±0,90
%35MA	2,43 ^{cA} ±0,79	2,00 ^{aA} ±0,82	2,00 ^{abA} ±0,82	2,29 ^{abA} ±0,76
OK	4 ^{eA} ±0,58	3,43 ^{bcAB} ±0,98	3,71 ^{cA} ±0,76	3,71 ^{deA} ±0,54
%20MO	3,29 ^{deA} ±0,76	2,57 ^{abAB} ±0,54	2,43 ^{abA} ±0,54	2,71 ^{cdA} ±0,49
%30MO	2,86 ^{abA} ±0,9	2,29 ^{aAB} ±0,49	2,43 ^{abA} ±0,54	2,29 ^{abA} ±0,49
%35MO	2,43 ^{acA} ±0,98	2,71 ^{deAB} ±0,76	2,29 ^{abA} ±0,76	2,29 ^{abA} ±0,69
ÇK	3,71 ^{deA} ±0,96	3,43 ^{deAB} ±1,13	3,71 ^{cA} ±0,96	3,86 ^{eAB} ±1,07
%20MÇ	3,14 ^{deA} ±0,90	2,71 ^{abAB} ±0,76	2,43 ^{abA} ±0,54	2,71 ^{cdAB} ±0,76
%30MÇ	2,43 ^{acA} ±0,98	2,00 ^{aAB} ±0,58	1,57 ^{aA} ±0,79	1,71 ^{aAB} ±0,76
%35MÇ	2,43 ^{acA} ±1,13	1,86 ^{aAB} ±0,69	1,57 ^{aA} ±0,79	1,86 ^{abAB} ±0,69
AKY	2,43 ^{acB} ±0,54	2,29 ^{aC} ±0,76	2,14 ^{abB} ±0,90	2,29 ^{cdBC} ±0,49
OKY	2,29 ^{abB} ±0,49	2,57 ^{abBC} ±0,54	1,86 ^{abB} ±0,69	2,14 ^{bcC} ±0,54
ÇKY	2,14 ^{aB} ±0,38	2,29 ^{aC} ±0,49	1,86 ^{abB} ±0,38	2,14 ^{acC} ±0,38

Değerler "ortalama±standart sapma" olarak verilmiştir. ^aAynı sütundaki küçük harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. ^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre aynı koşullardaki kahve çeşitleri arasındaki farklılıkları göstermektedir (AK-Az kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MA-kütlece %20 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, %30MA- kütlece %30 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, %35MA-kütlece %35 mikrokapsül içeren az kavrulmuş Türk kahvesi, OK-

Orta kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MO-kütlece %20 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %30MO- kütlece %30 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, %35MO-kütlece %35 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesi, ÇK-Çok kavrulmuş Türk kahvesi kontrol grubu, %20MÇ- kütlece %20 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %30MÇ- kütlece %30 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, %35MÇ-kütlece %35 mikrokapsül içeren çok kavrulmuş Türk kahvesi, AKY-üzüm çekirdeği yağı doğrudan ilave edilerek pişirilmiş az kavrulmuş Türk kahvesi, OKY-üzüm çekirdeği yağı doğrudan ilave edilerek pişirilmiş orta kavrulmuş Türk kahvesi, ÇKY-üzüm çekirdeği yağı doğrudan ilave edilerek pişirilmiş çok kavrulmuş Türk kahvesi).

Koku açısından değerlendirildiğinde az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 3,86, 3,43, 3,43'tür. %20 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,29, 2,57, 2,71'dir. %30 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,57, 2,29, 2'dir. %35 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,43, 2,43, 2,43'tür. Üzüm çekirdeği yağı ilavesi doğrudan yapılan az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinde sırasıyla 2,29, 2,57, 2,29'tür.

Görünüş açısından değerlendirildiğinde az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 4, 3,71, 3,71'dir. %20 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,00, 2,43, 1,57'dir. %30 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,86, 2,43, 1,57'dir. %35 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,00, 2,29, 1,57'dir. Üzüm çekirdeği yağı ilavesi doğrudan yapılan az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinde sırasıyla 2,14, 1,86, 1,86'dır.



Şekil 4.20. Duyusal analiz grafiği

Tüm izlenim açısından değerlendirildiğinde az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 4, 3,71, 3,86'dir. %20 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok

kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,29, 2,71, 2,71'dir. %30 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,86, 2,29, 1,71'dir. %35 mikrokapsül ilaveli az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvelerinde sırasıyla 2,29, 2,29, 1,86'dır. Üzüm çekirdeği yağı ilavesi doğrudan yapılan az, orta, çok kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinde sırasıyla 2,29, 2,14, 2,14'tür.

Yapılan Duncan testine göre duyuusal analizde renk, koku, görünüş ve tüm izlenim açısından örnek grupları birbiriyle kıyaslandığında aralarındaki fark anlamlı çıkmıştır ($P<0,05$).

Yapılan duyuusal analiz sonuçlarına göre renk, koku, görünüş ve tüm izlenim sonuçlarına göre en beğenilen örnekler az ve orta kavrulmuş Türk kahvesidir. Mikrokapsül ilave edilen kahve çeşitlerinden en beğenileni renk, koku, görünüş ve tüm izlenim sonuçlarına göre küttele %30 mikrokapsül ilave edilen az kavrulmuş Türk kahvesidir. Küttele %30 ve %35 mikrokapsül ilave edilen çok kavrulmuş Türk kahvesi ve doğrudan üzüm çekirdeği yağı ilave edilen orta ve çok kavrulmuş Türk kahvesi çeşitleri en düşük puanı almıştır. Kavurma derecesinin artışıyla rengin koyulaşması ve ilave edilen mikrokapsüllerdeki jelatin ve Arap zıncı materyallerinin renginin etkisiyle kahvenin renginin açılması, mat görüntü oluşması, üzerinde mikrokapsül parçalarının bulunması ve mikrokapsüllerde bulunan yüzey yağı sebebiyle en düşük puanı aldığı düşünülmektedir. Mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesi örneklerinde kahvelerin rengi orta ve çok kavrulmuş kahveye göre daha açık olduğundan duvar materyallerinin renginden kaynaklı etkinin daha az olduğu düşünülmektedir. Yapılan analizde görünüşten kaynaklı kahvelerden alınan ilk izlenimin koku kriterini bile etkilediği görülmektedir.

Baldin et al. (2018) yaptıkları çalışmada Jabuticaba ekstraktını maltodekstrin duvar materyali ile püskürterek kurutma tekniğiyle mikroenkapsüle edip, morteldella sosisine ilave etmişlerdir. Yaptıkları duyuusal analizde mortedalla sosisine mikrokapsül ilavesinin rengi, aromayı, dokuyu ve tadı etkilediğini ancak genel kabulü etkilenmediğini tespit etmişlerdir. Renk ve aroma kabulünün önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir.

Çam et al. (2014) yaptıkları çalışmada nar kabuğu fenolik bileşiklerini maltodekstrin duvar materyali ile püskürterek kurutma tekniğiyle enkapsüle etmişler ve bunları dondurmaya ilave etmişlerdir. Kütlece %0,5 ve %1 mikrokapsül ilave edilen dondurmalarla kontrol grubu açısından önemli bir fark tespit etmemişlerdir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada üzüm çekirdeği yağı jelatin ve Arap zımkı duvar materyalleriyle kompleks koaservasyon tekniği ile mikroenkapsüle edilmiştir. Elde edilen mikrokapsüller farklı oranlarda Türk kahvesine ilave edilmiştir. Mikrokapsüllerin mikroenkapsülasyon verimi, yağ salımı, mikrokapsüllerin fenolik madde içeriği, toplam flavonoid madde miktarı, antioksidan aktivitesi, Taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (SEM), Fourier transform kızılötesi spektroskopisi, termogravimetrik analizleri yapılmıştır. Kompleks koaservasyon sürecini etkileyen birçok faktör vardır. Kullanılan duvar materyalleri, kullanılan çekirdek materyali, kullanılan çapraz bağlayıcı arasındaki elektrostatik etkileşimler, karıştırma hızı, çapraz bağlayıcının ilave edildiği pH mikroenkapsülasyon verimini etkilemektedir. Çalışmamızda elde edilen verim %72,33'tür. Elde edilen antioksidan aktivite, fenolik madde miktarı ve toplam flavonoid madde miktarında üzüm çekirdeği yağı fenolik bileşiklerinin etkisi gözlenmektedir. Kontrol grubuna kıyasla mikrokapsüller daha yüksek fenolik aktivite göstermiştir. Mikrokapsüllerin rengi sarıya yakın olduğundan b* değerleri yüksek çıkmıştır. SEM görüntülerinde mikrokapsüllerin küresel formda olduğu tespit edilmiştir. Fourier transform kızılötesi spektroskopisi elde edilen spektrumlarda oluşan pikler kapsülasyon işleminin gerçekleştiğini göstermektedir. Termogravimetrik analiz sonuçları bize mikrokapsüllerin kahve pişirme sıcaklığından çok fazla etkilenmeyeceğini ve Türk kahvesine pişirme aşamasında eklenebileceğini göstermiştir. Türk kahvesinde yapılan nem tayini sonucu TGK "Kahve ve Kahve Ekstraktları Tebliği" 'ne uygundur. Elde edilen protein ve karbonhidrat değerleri literatürle uyumludur.

Esmerleşme yoğunluğunda elde edilen sonuçlarda kavurma derecesi arttıkça esmerleşme yoğunluğunun arttığı görülmüştür. Mikrokapsül ilave edilen kahvelerde ise ilave edilen mikrokapsül miktarı arttığında esmerleşme yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Bu durum mikrokapsüllerin antioksidan aktivite göstermesinden kaynaklıdır.

Türk kahvesinin toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı kavurma derecesi arttıkça azalmakta, antioksidan aktivitesi ise kavurma derecesi arttıkça önce artmakta (az-orta), sonra azalmaktadır (orta-çok). Bu durum

maillard reaksiyonu ara ürünlerinin antioksidan özellik göstermesinden kaynaklıdır. Türk kahvesine mikrokapsül ilave edildiğinde fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve antioksidan aktivitesi artmıştır.

Türk kahvesinde kafein, klorojenik asit ve kafeik asit miktarını kahvenin orijini, işleme ve depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Türk kahvesinde kavurma derecesi arttığında bu bileşiklerin azaldığı, ilave edilen mikrokapsül miktarı arttığında da bu bileşiklerin arttığı görülmüştür.

Mikrokapsül ilavesiyle Türk kahvesinde biyoaktif bileşikler artmış ve biyojen aminler azalmıştır. Yapılan analizlerde putresin, spermidin, histamin, tiramin en fazla az kavrulmuş Türk kahvesinde, putresin en az kütlece %35 mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesinde, spermidin en az kütlece %20 mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesindedir. Kadaverin en fazla çok kavrulmuş Türk kahvesinde, en az kütlece %35 mikrokapsül ilaveli orta kavrulmuş Türk kahvesindedir. Histamin kavurmanın ve ilave edilen mikrokapsülün artmasının etkisiyle Türk kahvelerinin hepsinde tamamen bozunmuştur. Tiramin en az kütlece %30 mikrokapsül ilaveli çok kavrulmuş Türk kahvesindedir. Türk kahvesine ilave edilen mikrokapsül miktarı ve kavurma derecesi arttığında toplam biyojen amin miktarı azalmıştır.

Elde edilen verilerde üzüm çekirdeği yağı ilavesinin Türk kahvesinde fenolik bileşikleri artırdığı görülmüştür. Fenolik madde içeriği ve flavonoid madde içeriği en fazla olan kütlece %35 mikrokapsül içeren Türk kahvesidir. Antioksidan aktivitesi en fazla olan kütlece %35 mikrokapsül içeren orta kavrulmuş Türk kahvesidir. HPLC’de yapılan kafein ve fenolik bileşik tayini açısından değerlendirildiğinde en fazla kafein, klorojenik asit ve kafeik asit kütlece %35 mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesidir. Toplam biyojen amin içeriği en az olan kütlece %35 mikrokapsül ilaveli çok kavrulmuş Türk kahvesidir. Bu parametreler göz önüne alındığında tüketim açısından kütlece %35 mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesi ön plana çıkmaktadır.

Yapılan duyusal analizde bütün sonuçlara göre en beğenilen örnekler az ve orta kavrulmuş Türk kahvesidir. Mikrokapsül ilave edilen kahve çeşitlerinde

ise %30 mikrokapsül ilave edilen az kavrulmuş Türk kahvesidir. En az beğenilen örnekler kütlece %30 ve %35 mikrokapsül ilave edilen çok kavrulmuş Türk kahvesi ve doğrudan üzüm çekirdeği yağı ilave edilen orta ve çok kavrulmuş Türk kahvesidir. Üzüm çekirdeği yağı doğrudan Türk kahvesine ilave edildiğinde yağ, suyla karışmadığından ve yüzeyde kaldığından görüntü açısından istenmeyen bir durum oluşmaktadır. Mikrokapsüllerde de az miktarda yüzey yağı bulunmakta ancak bu yağ miktarı doğrudan ilave edilene göre çok azdır. Jelatin ve Arap zımkı materyalleriyle kaplanmış mikrokapsüllerde ise kapsüllerin kaybolmaması ve yüzeyde gözüktür durumda olması ve jelatin ve arap zımkı materyallerinin kahvenin rengini matlaştırmasıda görüntü açısından istenmeyen bir durumdur. Yapılan analizlerde ilk izlenim olan görüntünün birçok faktörü etkilediği görülmektedir. Üzüm çekirdeği yağı nötr tada sahip bir yağ olduğundan, kahvenin tadını etkilemeyeceği düşünülmektedir. Food grade kimyasallar kullanılarak mikrokapsüller üretilebilir ve Türk kahvesine ilave edilerek tada kapsüllerin etkisi incelenebilir. Sonraki aşamada in vitro koşullarda mide ve ince bağırsak ortamı stimüle edilerek, elde edilen kapsüllerin insan vücudundaki biyoyararlılıkları incelenebilir.

Kompleks koaservasyonla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ancak elde edilen mikrokapsüllerin gıdalara eklenmesi ile ilgili daha fazla çalışma yapılmalıdır. Gıdaların zenginleştirilmesinde bu teknikle elde edilen mikrokapsüllerin kullanılacağı çalışmaların artacağı öngörülmektedir.

6. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdul Mudalip, S.K., Khatiman, M.N., Hashim, N.A., Che Man, R. and Arshad, Z.I.M.,** 2021, A short review on encapsulation of bioactive compounds using different drying techniques, Proceedings, Volume 42(1):288-296pp.
- Aissa, A.F., Bianchi, M.L.P., Ribeiro, J.C., Hernandes, L.C., de Faria, A.F., Mercadante, A.Z. and Antunes, L.M.G.,** 2012, Comparative study of β -carotene and microencapsulated β -carotene: Evaluation of their genotoxic and antigenotoxic effects, Food Chemical Toxicology, 50:1418–1424pp.
- Akan, S. ve Demirağ, M.K.,** 2018, Gıdalarda biyojen amin oluşum mekanizmalarına etki eden faktörler ve biyojen aminlerin diğer bileşiklere dönüşümleri, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(7):1388-1392s.
- Akan, S. and Özdestan Ocak, Ö.,** 2019, Evaluation of storage time and grape seed extract addition on biogenic amines content of tarhana: A cereal-based fermented food, LWT- Food Science and Technology, 111:861-868pp.
- Akgün, B. and Arıcı, M.,** 2019, Evaluation of acrylamide and selected parameters in some Turkish coffee brands from the Turkish market, Food Additives & Contaminants, 36(4):548-560pp.
- Alkaltham, M.S., Özcan, M.M., Uslu, N., Salamatullah, A.M. and Hayat, K.,** 2020, Effect of microwave and oven roasting methods on total phenol, antioxidant activity, phenolic compounds, and fatty acid compositions of coffee beans, Journal of Food Processing and Preservation, 6p.
- Alnsour, L., Issa, R., Awwad, S., Albals, D. and Al-Momani, I.,** 2022, Quantification of total phenols and antioxidants in coffee samples of different origins and evaluation of the effect of degree of roasting on their levels, Molecules, 27(5):1591.
- Altay, Ö.,** 2020, Akışkan Yatak Kaplama Teknolojisi ile Kontrollü Salınım Sahip Kuru Ekmek Mayası Üretimi ve Optimum Koşullarda Kaplanmış Mayanın Model Gıda Olarak Ekmek Üretiminde Test Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 174s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Alves, R.C., Casal, S. and Oliveira, M.B.P.P.**, 2010, Tocopherols in coffee brews: Influence of coffee species, roast degree and brewing procedure, *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(8):802-808pp.
- Antonio, A.G., Iorio, N.L.P., Pierro, V.S.S., Candreva, M.S., Farah, A., dos Santos, K.R.N. and Maia, L.C.**, 2011, Inhibitory properties of *Coffea canephora* extract against oral bacteria and its effect on demineralisation of deciduous teeth, *Archives Oral Biology*, 56:556–564pp.
- Arslan, S.**, 2015, Ürün Raporu Üzüm 2015, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, 42s.
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Peren, R. and Escher, F.**, 2008, Coffee roasting and aroma formation: application of different time-temperature condition, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:5836–5846pp.
- Bakry, A., Fang, Z., Ni, Y., Cheng, H., Chen, Y. and Liang, L.**, 2016, Stability of tuna oil and tuna oil/peppermint oil blend microencapsulated using whey protein isolate in combination with carboxymethyl cellulose or pullulan, *Food Hydrocolloids*, 60:559-571pp.
- Baldin, J. C., Munekata, P. E. S., Michelin, E. C., Polizer, Y. J., Silva, P. M., Canan, T. M., Pires, M. A., Godoy, S. H. S., Fávoro-Trindade, C. S., Lima, C. G., Fernandes, A. M. and Trindade, M. A.**, 2018, Effect of microencapsulated Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract on quality and storage stability of mortadella sausage, *Food Research International*, 108: 551–557pp.
- Bamidele, O.P. and Emmambux, M.N.**, 2021, Encapsulation of bioactive compounds by “extrusion” technologies: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18):3100-3118pp.
- Bannikova, A., Zyainitdinov, D., Evteev, A., Drevko, Y. and Evdokimov, I.**, 2020, Microencapsulation of polyphenols and xylooligosaccharides from oat bran in whey protein-maltodextrin complex coacervates: In-vitro evaluation and controlled release, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 23:100236.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Banwo, K., Olojede, A.O., Adesulu-Dahunsi, A.T., Verma, D.K., Thakur, M., Tripathy, S., Singh, S., Patel, A.R., Gupta, A.K., Aguilar, C.N., and Utama, G.L.,** 2021, Functional importance of bioactive compounds of foods with potential health benefits: A review on recent trends, In Food Bioscience, 43,101320.
- Barbosa, A.E.G., Bastos, L.P.H. and Garcia-Rojas, E.E.,** 2021, Complex coacervates formed between whey protein isolate and carboxymethylcellulose for encapsulation of β -carotene from sacha inchi oil: Stability, in vitro digestion and release kinetics, Food Biophysics, 16:293–305pp.
- Bayomi, M.A., Al-Suwayeh, S.A., El-Helw, A.M. and Mesnad, A.F.,** 1998, Preparation of casein–chitosan microsphere containing diltiazem hydrochloride by an aqueous coacervation technique, Pharmaceutica Acta Helvetiae, 73(4):187–192pp.
- Bekar, E.,** 2017, Üzüm Çekirdeği İlavesinin Keklerin Kalite Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 61s.
- Belguidoum, K., Amira-Guebailia, H., Boulmikh, Y. and Houache, O.,** 2014, HPLC coupled to UV-vis detection for quantitative determination of phenolic compounds and caffeine in different brands of coffee in the Algerian market, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 45(4):1314–20pp.
- Benelli, L. and Oliveira, W.P.,** 2019, Fluidized bed coating of inert cores with a lipid-based system loaded with a polyphenol-rich *Rosmarinus officinalis* extract, Food and Bioproducts Processing, 114(2):16-226pp.
- Bicho, N.C., Leitão, A.E., Ramalho, J.C. and Lidon, F.C.,** 2012, Use of colour parameters for roasted coffee assessment, Food Science and Technology, 32 (3): 436-442pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bote, A.D. and Vos, J.**, 2017, Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality, NJAS- Wageningen Journal of Life Sciences, 83:39-46pp.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. and Berset, C.**, 1995, Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 28:25-30pp.
- Burgut, A.**, 2020, Effects of propolis extracts on biogenic amine production by food- borne pathogens, Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 26 (2):193-200pp.
- Butkhup, L., Chowtivannakul, S., Gaensakoo, R., Prathepha, P. And Samappito, S.**, 2010, Study of the phenolic composition of Shiraz red grape cultivar (*Vitis vinifera* L.) cultivated in north-eastern Thailand and its antioxidant and antimicrobial activity, South African Journal of Enology Viticulture, 31:89–98pp.
- Butt, M.S., Sultan, M.T.**, 2011, Coffee and its consumption: benefits and risks, Critical Reviews in Food Science Nutrition, 51(4):363-73pp.
- Cagliani L.R., Pellegrino G., Giugno G. and Consonni R.**, 2013, Quantification of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* var. *robusta* in roasted and ground coffee blends, Talanta, 106:169-173pp.
- Cai, L., Liu, S., Sun, L., Wang, Y., Ji, H. And Li, J.**, 2015, Application of tea polyphenols in combination with 6-gingerol on shrimp paste of during storage: Biogenic amines formation and quality determination, Frontiers in Microbiology, 16:6:981.
- Calvo, P., Remuñán-Lopez, C., Vila-Jato, J.L. and Alonso, M.J.**, 1997, Novel hydrophilic chitosan-polyethylene oxide nanoparticles as protein carriers, Journal of Applied Polymer Science, 63: 125–132pp.
- Cano-Marquina, A., Tarin, J.J. and Cano, A.**, 2013, The impact of coffee on health, Maturitas, 75:7-21pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cao, C., Cirrito, J.R., Lin, X., Wang, L., Verges, D.K. and Dickson, A.,** 2009, Caffeine suppresses amyloid- β levels in plasma and brain of Alzheimer's disease transgenic mice, *Journal of Alzheimer's Disease*, 17:681–97pp.
- Castillo, M., Iriondo-DeHond, A., and Martirosyan, D.M.,** 2018, Are functional foods essential for sustainable health?, *Annals of Nutrition and Food Science*, 2(1):1–4pp.
- Cavin, C., Holzhaeuser, D., Scharf, G., Constable, A., Huber, W. W. and Schilter, B.,** 2002, Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity. *Food and Chemical Toxicology*, 40(8):1155–1163pp.
- Chai, S., Benali, N., Arhab, R., Ajmi, I.S., Bendaouded, H. and Romdhane, M.,** 2021, Preparation of *Thymus vulgaris* essential oil microcapsules by complex coacervation and direct emulsion: Synthesis, characterization and controlled release properties, *Biological Sciences*, 46:5429-5446pp.
- Chai, J., Jiang, P., Wang, P., Jiang, Y., Li, D., Bao, W., Liu, B., Liu, B., Zhao, L., Norde, W., Yuan, Q., Ren, F., ve Li, Y.,** 2018, The intelligent delivery systems for bioactive compounds in foods: Physicochemical and physiological conditions, absorption mechanisms, obstacles and responsive strategies, In *Trends in Food Science and Technology*, 78:144–154pp.
- Chang, C.P., Kimura, M., Yamamoto, T., Nobe, M., Dobashi, T.,** 2003, Effect of dispersing medium on permeability of microcapsule membrane, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 30(1–2):123–127pp.
- Chasquibol, N., Gonzales, B.F., Alarcón, R., Sotelo, A., Gallardo, G., García, B. and Pérez-Camino, M.D.C.,** 2023, Co- microencapsulation of Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*) oil with natural antioxidants extracts, *Foods*, 12(11):2126.
- Chen, Z., Farag, M. A., Zhong, Z., Zhang, C., Yang, Y., Wang, S. and Wang, Y.,** 2021, Multifaceted role of phyto-derived polyphenols in nano drug delivery systems, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 176, Article 113870.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cheung, L.M., Cheung, P.C.K. and Ooi, V.E.C.,** 2003, Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts, *Food Chemistry*, 81(2):249–55pp.
- Chew, S.C., Tan, C.P., Tan, C.H. and Nyam, K.L.,** 2020, In-vitro bioaccessibility of spray dried refined kenaf (*Hibiscus cannabinus*) seed oil applied in coffee drink, *Jornal of Food Sciene and Technology*, 57(7):2507-2515pp.
- Chiralertpong, A.,** 2010, Modifying coffee quality by chemical manipulation, PhD thesis, University of Nottingham, 204p.
- Chu, Y-H., Chang, C-L. And Hsu, H-F.,** 2000, Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(5):561–6pp.
- Cirilo, M.P.G., Coelho, A.F.S., Araújo, C.M., Gonçalves, F.R.B., Nogueira, F.D. and Glória, M.B.A.,** 2003, Profile and levels of bioactive amines in green and roasted coffee, *Food Chemistry*, 82:397-402pp.
- Coelho, C., Ribeiro, M., Cruz, A.C., Domingues, R.M., Coimbra, M.A., Bunzel, M. and Nunes, F.M.,** 2014, Nature of phenolic compounds in coffee melanoidin, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62:7843–7853pp.
- Comai, S., Bertazzo, A., Bailoni, L., Zancato, M., Costa, C.V.L. and Allegri, G.,** 2007, The content of proteic and nonproteic (free and pro-teín-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours, *Food Chemistry*, 100:1350–1355pp.
- Cordoba, N., Fernandez-Alduenda, M., Moreno, F.I. and Ruiz, Y.,** 2020, Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brew, *Trends in Food Science Technology*, 96:45-60pp.
- Costa, A.M.M., Gaspar, B.R.A., Calado, V., Tonon, R.V. and Torres, A.G.,** 2022, Microencapsulation of pomegranate (*Punica granatum L.*) seed oil by complex coacervation: Stability and application in an instant caffè latte beverage, *Food Chemistry*, 381:132199.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Costea, T., Sevde, A.,** 2020, Phenolic content and antioxidant activity of simple and flavoured Turkish coffee, *Studia Universitatis Vasile Goldis Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)*, 30(4):169- 178pp.
- Coşgun, G.,** 2022, Depolama Koşullarının Türk Kahvesinin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 95 s.
- Çalık, G.,** 2017, Farklı Depolama Koşullarında Soğuk Pres Yağların Oksidatif Stabilitelerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu, 70s.
- Çam, M., İçyer, N., Erdoğan, F.,** 2014, Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development, *LWT- Food Science and Technology*, 55:117-123pp.
- Çoruhli, T.,** 2013, Kara Dut Antosiyaninlerinin İyonik Jelasyon Yöntemi ile Enkapsülasyonu ve Enkapsülasyon Parametrelerinin Tepki Yüzeyi Metodu İle Optimize Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 75s.
- da Silva Soares, B., Siqueira, R.P., de Carvalho, M.G., Vicente, J. And Garcia-Rojas, E.E.,** 2019, Microencapsulation of sachal inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) using complex coacervation: Formation and structural characterization, *Food Chemistry*, 15;298:125045.
- Dai, H.H., Li, X.D., Wei, A.C., Wang, X.D. and Wang, D.Y.,** 2020, Characterization and oxidative stability of cold-pressed sesame oil microcapsules prepared by complex coacervation, *Journal of Oleo Science*, 2;69(7):685-692.
- Daliri, E.B.M., and Lee, B.H.,** 2015, Current trends and future perspectives on functional foods and nutraceuticals, *Liong, M.Z. (Ed.), Beneficial microorganisms in food and nutraceuticals*, Springer, 221–244pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- De Matos, E.F., Scopel, B.S. and Dettmer, A.,** 2018, Citronella essential oil microencapsulation by complex coacervation with leatherwaste gelatin and sodium alginate, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6:1989–1994pp.
- de Mejia, E.G., and Ramirez-Mares, M.V.,** 2014, Impact of caffeine and coffee on our health, *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 25(10):489-492pp.
- De Vos, P., Faas, M.M., Spasojevic, M. and Sikkema, J.,** 2010, Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components, *International Dairy Journal*, 20:292-302pp.
- Degobert, G. and Aydin, D.,** 2021, Lyophilization of nanocapsules: Instability sources, formulation and process parameters, *Pharmaceutics*, 13(8):1112.
- dePaula, J. and Farah, A.,** 2019, Caffeine consumption through coffee: content in the beverage, metabolism, health benefits and risk, *Beverages*, 5(2):37.
- Desai, K.G.H. and Jin Park, H.,** 2005, Recent developments in microencapsulation of food ingredients, *Drying Technology*, 23(7):1361-1394pp.
- Dillard, C.J., and German, J.B.,** 2000, Phytochemicals: nutraceuticals and human health, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(12):1744-1756pp.
- Dippong, T., Dan, M., Kovacs, M. H., Kovacs, E. D., Levei, E. A. and Cadar, O.,** 2022, Analysis of volatile compounds, composition and thermal behavior of coffee beans according to variety and roasting intensity, *Foods*, 11(19):3146.
- Dixit, V., Kamal, S.W.J., Chole, P.B., Dayal, D., Chaubey, K.K., Pal, A.K., Xavier, J., Manjunath, B.T. and Banchetti, R.K.,** 2023, Functional foods: Exploring the health benefits of bioactive compounds from plant and animal sources, *Journal of Food Quality*, Volume, 2023, 22p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Drozinska, ´ E., Kanclerz, A., and Kurek, M. A.,** 2019, Microencapsulation of sea buckthorn oil with β -glucan from barley as coating material, International Journal of Biological Macromolecules, 131:1014–1020pp.
- Drożłowska, E., Bartkowiak, A., Trocer, P., Kostek, M., Tarnowiecka-Kuca, A., Bienkiewicz, G. and Łopusiewicz, L.,** 2021, The influence of flaxseed oil cake extract on oxidative stability of microencapsulated flaxseed oil in spray-dried powders, Antioxidants, 1;10(2):211.
- Du, Y., Guo, H. and Lou, H.,** 2007, Grape seed polyphenols protect cardiac cells from apoptosis via induction of endogenous antioxidant enzymes, Journal of Agricultural Food Chemistry, 55:1695–1701pp.
- Duarte, S.M.S., De Abreu, C.M.P., Menezes, H.C., Dos Santos, M.C. and Gouvea, M.C.P.,** 2005, Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews, Ciência Tecnologie Alimentos, 25: 387- 393pp.
- EFSA,** 2015, Scientific opinion on safety of caffeine, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), EFSA Journal 13(5):4102.
- El, S.N.,** 2016, Gıda Bileşenlerinin Beslenme Açısından Önemi, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri İçin Hazırlanmış Beslenme Ders Notu, <https://docplayer.biz.tr/26092702-Gida-bilesenlerinin-beslenme-acisindan-onemi.html>.
- Elmaci, I. and Gok, I.,** 2021, Effect of three post-harvest methods and roasting degrees on sensory profile of Turkish coffee assessed by Turkish and Brazilian panelist, Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(13), 5368-5377pp.
- El-Messery, T. M., El-Said, M. M., Demircan, E. and Ozçelik, B.,** 2019, Microencapsulation of natural polyphenolic compounds extracted from apple peel and its application in yoghurt, Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 18(1):25–34pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Erdağ Akca, E.**, 2021, Tahıl Bazlı Atıştırmalık Barların Farklı Yöntemlerle Mikroenkapsüle Edilmiş Demir ile Zenginleştirilmesi ve Biyoerişilebilirliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda mühendisliği Anabilim Dalı, 72s.
- Erdem, F., Gündoğan, E. N., Yılmaz, M. S., Sezgin, İ., Summakoğlu, Y. ve Şakıyan Demirkol, Ö.**, 2021, Kuşburnu (*Rosa Canina*) fenolik bileşiklerinin mikroenkapsülasyonu, Gıda, 46(4):1026-1039pp.
- Erdem, S.A., Senol, F.S., Budakoglu, E., Orhan, I.E. and Sener, B.**, 2016, Exploring in vitro neurobiological effects and high-pressure liquid chromatography-assisted quantitation of chlorogenic acid in 18 Turkish coffee brands, Journal of Food and Drug Analysis, 24(1):112-120pp.
- Erol, T. and Özdestan Ocak, Ö.**, 2020, Influence of pomegranate seed extract on the formation of biogenic amines in a cereal based fermented food: Tarhana, Journal of Food Science and Technology, 57(12):4492-4500pp.
- Esquivel, P. and Jimenez, V. M.**, 2012, Functional properties of coffee and coffee by-products. Food Research International, 46(2):488-495pp.
- Farah, A.**, 2012, Coffee constituents, Chu, Y.F. (Ed.), Coffee: emerging health effects and disease prevention, John Wiley and Sons., 21-58pp.
- Farah, A. and dos Santos, T.F.**, 2015, The coffee plant and beans: An introduction, Preedy, V.R. (Ed.) Coffee in health and disease prevention, Academic Press, s.5-10.
- Farah, A. and Lima, J. D.**, 2019, Consumption of chlorogenic acids through coffee and health, Implication Beverages, 5(11):1-29pp.
- Ferreira Ribeiro, C., Conceicao, E., Machado, B., Hermes, V., Rios, A., Druzian, J. and Nunes, I.**, 2016, Physicochemical characterization and oxidative stability of microencapsulated crude palm oil by spray drying, Food and Bioprocess Technology, 9:124-136pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ferreira, S. and Nicoletti, V.R.**, 2021, Microencapsulation of ginger oil by complex coacervation using atomization: Effects of polymer ratio and wall material concentration, *Journal of Food Engineering*, 291:110214.
- Ferreira, T., Shuler, J., Guimarães, R. and Farah, A.**, 2019, Introduction to coffee plant and genetics, Farah, A. (Ed.) *Coffee: production, quality and chemistry*, The Royal Society of Chemistry, 3-25pp.
- Firtın, B., Yenipazar, H., Saygün, A. and Şahin-Yeşilçubuk, N.**, 2020, Encapsulation of chia seed oil with curcumin and investigation of release behaviour; antioxidant properties of microcapsules during in vitro digestion studies, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technology*, 134:109947.
- Fisone, G., Borgkvist, A. and Usiello, A.**, 2004, Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action, *Cellular and Molecular Life Sciences*, 61:857–872pp.
- Freedman, N.D., Park, Y., Abnet, C.C., Hollenbeck, A.R. and Sinha, R.**, 2012, Association of coffee drinking with total and cause-specific mortality, *The New England Journal of Medicine*, 366(20):1891-904pp.
- Frent, O.D., Vicas, L.G., Duteanu, N., Morgovan, M.C., Jurca, T., Pallag, A., Muresan, M.E., Filip, S.M., Locaciu, R.L. and Marian, E.**, 2022, Sodium alginate-natural microencapsulation material of polymeric microparticles, *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (20):12108.
- Furuta, T. and Neoh, T.L.**, 2021, Microencapsulation of food bioactive components by spray drying: A review, *Drying Technology*, 39(12):1800-1831pp.
- Gasperini, L., Mano, J.F. and Reis, R.L.**, 2014, Natural polymers for the microencapsulation of cells, *Journal of the Royal Society Interface*, 11 (100), 20140817.
- Girginol, C.R.**, 2017, Kahve: Topraktan fincana, Cinius Yayınları, 192s.
- Girginol, C.R.**, 2018, Kahve: Topraktan fincana. A7 Kitap, 12-15s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gitea, M.A., Bungau, S.G., Gitea, D., Pasca, B.M., Purza, A.L. and Radu, A.F.,** 2023, Evaluation of the phytochemistry-therapeutic activity relationship for grape seeds oil, *Life (Basel)*, 8;13(1):178.
- Goldstein, E.R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., Taylor, L., Willoughby, D., Stout, J., Graves, B.S., et al.,** 2010, International society of sports nutrition position stand: Caffeine and performance, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7:5.
- Gomez-Estaca, J., Comunian, T. A., Monteiro, P. and Favaro-Trindade, C. S.,** 2018, Physico-chemical properties, stability, and potential food applications of shrimp lipid extract encapsulated by complex coacervation, *Food and Bioprocess Technology*, 11:1596–1604pp.
- Gonzalez, A., Martínez, M., Paredes, A., León, A. and Ribotta, P.,** 2016, Study of the preparation process and variation of wall components in chia (*Salvia hispanica L.*) oil microencapsulation, *Powder Technology*, 301.
- Göde, F. ve Kebapçı, K.,** 2014, Gül kokusu içeren mikrokapsüller, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2):32-35s.
- Gökmen, S., Palamutoğlu, R. ve Sarıçoban, C.,** 2012, Gıda endüstrisinde enkapsülasyon uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1):36-50s.
- Grassia, M., Messia, M.C., Marconi, E., Şakiyan Demirkol, Ö., Erdoğan, F., Sarghini, F., Cinquanta, L., Corona, O., Planeta, D.,** 2021, Microencapsulation of phenolic extracts from cocoa shells to enrich chocolate bars, 76:449-457pp.
- Griffin, L.E., Witrick, K.A., Klotz, C., Dorenkott, M.R., Goodrich, K.M., Fundaro, G., McMillan, R.P., Hulver, M.W., Ponder, M.A. and Neilson, A.P.,** 2017, Alterations to metabolically active bacteria in the mucosa of the small intestine predict anti-obesity and anti-diabetic activities of grape seed extract in mice, *Food Function Journal*, 8:3510–3522pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Grosso, G., Stepaniak, U., Polak, M., Micek, A., Topor-Madry, R., Stefler, D., Szafraniec, K. and Pajak, A.,** 2016, Coffee consumption and risk of hypertension in the Polish arm of the HAPIEE cohort study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(1): 109-15s.
- Guclu, G. and Selli, S.,** 2022, Impacts of different brewing conditions on pyrazine and bioactive contents of Turkish coffee, *The Journal of Raw Materials to Processed Foods*, 3(1):35-42s.
- Guo C, Yang J, Wei J, Li Y, Xu J, Jiang Y, et al.,** 2003, Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay, *Nutrition Research*, 23(12):1719–26pp.
- Haile, M. and Kang, W.H.,** 2019, The harvest and post-harvest management practices' impact on coffee quality, *Coffee-Production and Research*, 1-18.
- Hao, J.P., Shi, H., Zhang, J., Zhang, C.M., Feng, Y.M., Qie, L.Y., Dong, M. and Ji, X.,** 2018, Role of GSPE in improving early cerebral vascular damage by inhibition of Profilin-1 expression in a ouabain-induced hypertension model, *European Review for Medical Pharmacological Sciences*, 22:6999–7012pp.
- Hassan, Z.M., Osheba, A.S., Khallaf, M.F. and Abdel Fattah, A.A.,** 2019, assessment of grape seeds as a source of antioxidant compounds, *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 27(1), 501 – 509pp.
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M.G. and Romani, A.,** 2005, Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8):3053–6pp.
- Higdon, J.V. and Frei, B.,** 2007, Coffee and health: A review of recent human research, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46:101-123pp.
- Huang, L., Wang, Y., Li, R., Qingling, W., Juan, D., Jingyun, W. And Shiling, L.,** 2021, Thyme essential oil and sausage diameter effects on biogenic amine formation and microbiological load in smoked horse meat sausage, *Food Bioscience*, Volume 40, 100885.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Huber, W.W., Rossmanith, W., Grusch, M., Haslinger, E., Prustomersky, S., PeterVorosmarty, B., Parzefall, W., Scharf, G., Schulte-Hermann, R.,** 2008, Effects of coffee and its chemopreventive components kahweol and cafestol on cytochrome P450 and sulfotransferase in rat liver, Food and Chemical Toxicology, 46(4): 1230–1238pp.
- Huber, W.W., Scharf, G., Nagel, G., Prustomersky, S., Schulte-Hermann, R. and Kaina, B.,** 2003, Coffee and its chemopreventive components Kahweol and Cafestol increase the activity of O6-methylguanine-DNA methyltransferase in rat liver-comparison with phase II xenobiotic metabolism, Mutation Research, 522(1–2):57–68pp.
- Istenić, K., Balanć, B.D., Djordjević, V.B., Bele, M., Nedović, V.A., Bugarski, B.M. and Ulrih, N.P.,** 2015, Encapsulation of resveratrol into chitosan-alginate submicron particles, Journal of Food Engineering, 167:196–203pp.
- İnal, M.,** 2020, Kitosan/κ-karragenan/kitosan üç tabakalı mikrokürelerinden indometazinin kontrollü salımı, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 32(2): 425-433pp.
- İnan-Çinkır, N., Ağçam, E. and Akyıldız, A.,** 2019, Turkish journal of agriculture-food science and technology microencapsulation of carotenoid components and recent developments in used methods, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(12):2170–2183pp.
- Jansen-Alves, C., Fernandes, K.F., Crizel-Cardozo, M.M., Krumreich, F. D., Borges, C.D., and Zambiasi, R.C.,** 2018, Microencapsulation of propolis in protein matrix using spray drying for application in food systems, Food and Bioprocess Technology, 11(7):1422–1436pp.
- Jaruvongvanich, V., Sanguaneko, A., Klomjit, N. and Upala, S.,** 2017, Effects of caffeine consumption in patients with chronic hepatitis C: A systematic review and meta-analysis, Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology, 41:46–55pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jeyakumari, A., Zynudheen, A. A. and Parvathy, U.,** 2016, Microencapsulation of bioactive food ingredients and controlled release – A review, *MOJ Food Processing & Technology*, 2(6):214-224pp.
- Jhan, S. and Pethe, A.M.,** 2020, Double-loaded liposomes encapsulating lycopene β -cyclodextrin complexes: preparation, optimization and evaluation, *Journal of Liposome Research*, 30:80–92pp.
- Jia, W., Zhang, R., Shi, L., Zhang, F., Chang, J. and Chu, X.,** 2020, Effects of spices on the formation of biogenic amines during the fermentation of dry fermented mutton sausage, *Food Chemistry*, 321, 126723.
- Jiang, H., Zhang, W., Chen, L., Liu, J., Cao, J. and Jiang, W.,** 2023, Recent advances in guar gum-based films or coatings: Diverse property enhancement strategies and applications in foods, *Food Hydrocolloids*, Volume 136, Part A, 108278.
- Kanbolat, Ş., Badem, M., Şener, S. Ö. and Aliyazıcıoğlu, R.,** 2022, Phenolic profiles, tyrosinase inhibitory, and antioxidant effects of green coffee, and Turkish traditional coffee, *Journal of Apitherapy and Nature*, 5(2):82-92pp.
- Karagözlü, M.,** 2017, Mikroenkapsülasyon Parametrelerinin Kekik Yağında Bulunan Timol ve Karvakrol İçeriği Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 103s.
- Karahan, D. Ve Keklik, N.M.,** 2018, Hindistan cevizi ekstraktı içeren soğuk kahve içeceğinin geliştirilmesi ve raf ömrünün belirlenmesi, *Gıda*, 43(6):906-916 s.
- Kaushik, P., Dowling, K., McKnight, S., Barrow, C.J. and Adhikari, B.,** 2016, Microencapsulation of flaxseed oil in flaxseed protein and flaxseed gum complex coacervates, *Food Research International*, 86:1-8pp.
- Kazlauskaitė, J.A., Matulytė, I., Marksa, M. and Bernatoniene, J.,** 2023, Nutmeg essential oil, red clover, and liquorice extracts microencapsulation method selection for the release of active compounds from gel tablets of different bases, *Pharmaceutics*, 15:949.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kim, S.Y., Jeong, S.M., Park, W.P., Nam, K.C., Ahn, D.U., Lee, S.C.,** 2006, Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts, *Food Chemistry*, 97:472–479pp.
- Koç, M.,** 2016, Soğuk Pres Tekniği ile Elde Edilen Farklı Üzüm Çeşitlerine Ait Çekirdek Yağlarının Fizikokimyasal Özellikleri ve Oksidatif Stabilitelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 62s.
- Koç, M., Sakin, M. ve Ertekin, F.K.,** 2010, Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1):77-86s.
- Köksal, E. ve Göde, F.,** 2017, Kompleks koaservasyon yöntemi ile e vitamini içeren mikrokapsül üretimi, Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science, 12(1):1–14s.
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A. and Hallmann, E.,** 2020, The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect, *European Food Research and Technology*, 246:33-39pp.
- Kumar, A., D'Silva, M., Dholakia, K. and Levenson, A.S.,** 2018, In vitro anticancer properties of table grape powder extract (gpe) in prostate cancer, *Nutrients*, 10:1804.
- Küçükkömürlü, S. and Özgen, L.,** 2009, Coffee and Turkish coffee culture, *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(10):1693–1700pp.
- Lee, S.J. and Rosenberg, M.,** 1999, Preparation and properties of glutaraldehyde crosslinked whey protein-based microcapsules containing theophylline, *Journal of Controlled Release*, 61(1–2):123–136pp.
- Lee, S.J. and Wong, M.,** 2014, Nano-and microencapsulation of phytochemicals, Kwak, H.S. (Ed.), *Nano-and microencapsulation for foods (First)*, John Wiley & Sons LTD, 48p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Leone, A., Longo, C., Gerardi, C. and Trosko, J.E.**, 2019, Pro-apoptotic effect of grape seed extract on mcf-7 involves transient increase of gap junction intercellular communication and cx43 up-regulation: A mechanism of chemoprevention, *International Journal of Molecular Sciences*, 20:3244.
- Leong, M.H., Tan, C.P. and Nyam, K.L.**, 2016, effects of accelerated storage on the quality of kenaf seed oil in chitosan-coated high methoxyl pectin-alginate microcapsules, *Journal of Food Science*, 81(10):C2367-C2372.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. and Cheng, S.**, 2006, Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract, *Food Chemistry*, 96(2):254–60pp.
- Li, Y., Lei, Y., Tan, Y., Zhang, J., Hong, H. and Luo, Y.**, 2022, Efficacy of freeze-chilled storage combined with tea polyphenol for controlling melanosis, quality deterioration, and spoilage bacterial growth of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), *Food Chemistry*, 370:130924.
- Ludwig, I.A., Mena, P., Calani, L., Cid, C., Del Rio, D., Lean, M.E. and Crozier, A.**, 2014, Variations in caffeine and chlorogenic acid contents of coffees: What are we drinking?, *Food&Function*, 5:1718-1726pp.
- Luiza Koop, B., Nascimento da Silva, M., Diniz da Silva, F., Thayres dos Santos Lima, K., Santos Soares, L., José de Andrade, C., Ayala Valencia, G., and Rodrigues Monteiro, A.**, 2022, Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption, In *Food Research International*, Volume, 153,110929.
- Luo, M., Zhang, R., Liu, L. Chi, J., Huang, F., Dong, L., Ma, Q., Jia, X. and Zhang, M.**, 2020, Preparation, stability and antioxidant capacity of nano liposomes loaded with procyanidins from Lychee Pericarp, *Journal of Food Engineering*, Volume 284, 110065.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Macheiner, L., Schmidt, A., Wagner, M. and Mayer, H.K., 2022,** Thermogenic formation of biogenic amines during commercial coffee roasting processes, LWT Food Science and Technology, Volume 154, 112664.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S., 2006,** Flavour encapsulation and controlled release – A review, International Journal of Food Science and Technology, 41:1-21pp.
- Majcherczyk, J. and Surowka, K., 2019,** Effects of onion or caraway on the formation of biogenic amines during sauerkraut fermentation and refrigerated storage, Food Chemistry, Volume 298, 125083.
- Mao, J.T., Lu, Q., Xue, B., Neis, P., Zamora, F., Lundmark, L., Qualls, C. and Massie, L., 2019,** A pilot study of a grape seed procyanidin extract for lung cancer chemoprevention, Cancer Prevention Research, 12:557–566pp.
- Martincigh, B.S. and Ollengo, M.A., 2016,** The photostabilizing effect of grape seed extract on three common sunscreen absorbers, Photochemistry and Photobiology, 92: 870–884pp.
- Martirosyan, D. and Pisarski, K., 2017,** Bioactive compounds: Their role in functional food and human health, classifications and definitions, Martosinyan, D. and Zhou, J.R. (Eds.), Bioactive compounds and cancer, Food Science Publisher, San Diego, 238–277pp.
- McClements, D.J., 2012,** Requirements for food ingredient and nutraceutical delivery systems, Garti, N. and McClements, D.J. (Eds.), Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals, Woodhead Publishing, 3-18pp.
- MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), 2011,** Gıdalarda Ham Protein Tayini, Gıda Teknolojisi Föyü, Ankara, 53s.
- MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), 2011,** Gıdalarda Şeker Tayini, Gıda Teknolojisi Föyü, Ankara, 45s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mehaya, F.M. and Mohammad, A. A.**, 2020, Thermostability of bioactive compounds during roasting process of coffee beans, *Heliyon*, 6(11), e05508.
- Mills, C.E., Oruna-Concha, M.J., Mottram, D., Gibson, G., R. and Spencer, J.P.**, 2013, The effect of processing on chlorogenic acid content of commercially available coffee, *Food Chemistry*, 141(4):3335–3340pp.
- Mirkarimi, M., Amin-Marashi, S., Bargrizan, M., Abtahi, A. and Imani, F.A.A.**, 2013, The antimicrobial activity of grape seed extract against two important oral pathogens, *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 15:43–46pp.
- Mirzamani, S.S., Bassiri, A.R., Tavakolipour, H., Azizi, M.H. and Kargozari, M.**, 2021, Survival of fluidized bed encapsulated *Lactobacillus acidophilus* under simulated gastro-intestinal conditions and heat treatment during bread baking, *Jornal of Food Measurement and Characterization*, 15, 5477–5484pp.
- Moeenfarid, M. and Alves, A.**, 2020, New trends in coffee diterpenes research from technological to health aspect. *Food Research International*, 134, 109207.
- Mohammadi, A., Jafari, S.M., Mahoonak, A.S. et al.**, 2021, Liposomal/nanoliposomal encapsulation of food-relevant enzymes and their application in the food industry, *Food and Bioprocess Technology*, 14:23–38pp.
- Monteiro, J.P., Alves, G.M., Oliveira, P.F. and Silva, B.M.**, 2016, Structure-bioactivity relationships of methylxanthines: Trying to make sense of all the promises and the drawbacks, *Molecules*, 21, 974.
- Morales, J.F., Jimenez-Perez, S.**, 2001, Free radical scavenging capacity of maillard reaction products as related to colour and fluorescence, *Food Chemistry*, 72: 119-125pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Moreira, A.C.G., Martins, I.M., Fernandes, I., Barreiro, M.F. and Rodrigues, A.E.,** 2016, Microencapsulation of red and white thyme oil in poly (Lactic-Co-Glycolic) acid: Assessment of encapsulation efficiency and antimicrobial capacity of the produced microcapsules, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 94:469–475pp.
- Mourtzinou, I. and Biliaderis, C.G.,** 2018, Principles and applications of encapsulation technologies to food materials, Krokida, M. (Ed.), *Thermal and nonthermal encapsulation methods*, CRC Press, 1-28pp.
- Mu, H., Song, Z., Wang, X., Wang, D., Zheng, X. and Li, X.,** 2022, Microencapsulation of algae oil by complex coacervation of chitosan and modified starch: Characterization and oxidative stability, *International Journal of Biological Macromolecules*, 194:66-73pp.
- Munin, A. and Edwards-Levy, F.,** 2011, Encapsulation of natural polyphenolic compounds; A review, *Pharmaceutics*, 3:793-829pp.
- Nakilcioğlu-Taş, E.,** 2018, The effects of sugar addition and degree of roast on the bioactive compounds and antioxidant activity of Turkish-style coffee Brews, *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 52(3):456-466pp.
- Navarro, A.M., Martinez-Gonzalez, M., Gea, A., Ramallal, R., Runiz-Canela, M. and Toledo, E.,** 2017, Coffee consumption and risk of hypertension in the SUN Project, *Clinical Nutrition*, 38(1):389-397pp.
- Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A. and Feeley, M.,** 2003, Effects of caffeine on human health, *Food Additives and Contaminants*, 20(1):1-30pp.
- Neagu, C., Mihalcea, L., Enachi, E., Barbu, V., Borda, D., Bahrim, G. E., and Stanciuc, N.,** 2020, Cross-linked microencapsulation of CO₂ supercritical extracted oleoresins from sea buckthorn: Evidence of targeted functionality and stability, *Molecules*, 25(10),2442.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S. and Bugarski, B.,** 2011, An overview of encapsulation technologies for food applications, *Procedia Food Science*, 1:1806-1815pp.
- Nehlig, A.,** 2016, Effects of coffee/caffeine on brain health and disease: What should I tell my patients?, *Practical Neurology*, 16(2):89-95pp.
- Nehlig, A., Daval, J-L. and Debry, G.,** 1992, Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects, *Brain Research Reviews*, 17(2):139-170pp,
- Nguyen, T.T.T., Le, T.V.A., Dang, N.N., Nguyen, D.C., Nguyen, P.T.N., Tran, T.T., Nguyen, Q.V., Bach, L.G. and Pham, D.T.N.,** 2021, Microencapsulation of essential oils by spray-drying and influencing factors, *Journal of Food Quality*, Article ID 5525879, 15 pages.
- Numanoğlu, E.N. ve Çelik, A.G.,** 2018, Antioksidanların enzimatik esmerleşme üzerine etkileri, *Bilim Armonisi*, 1(1):3-9s.
- O’Keefe, J.H., Bhatti, K., Patil, H.R., DiNicolantonio, J.J., Lucan, C. and Lavie, C.J.,** 2013, Effects of habitual coffee consumption on cardiometabolic disease, cardiovascular health, and all-cause mortality. *Journal of the American College of Cardiology*, 62(12):1043-1050pp.
- Oh, Y.S.,** 2016, Bioactive compounds and their neuroprotective effects in diabetic complications, *Nutrients*, 8, 472.
- Olabiran, T., Awolu, O. and Ayo-Omogie, H.,** 2023, Quality chracterization of functional soy-based yoghurt incorporated with scent leaf (*Ocimum gratissimum*) essential oil microcapsules, *Food Chemistry Advances*, Volume 3,100336.
- Olechno, E., Puścion-Jakubik, A., Markiewicz-Żukowska, R. and Socha, K.,** 2020, Impact of brewing methods on total phenolic content (TPC) in various types of coffee, *Molecules*, 12;25(22):5274.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Oliveira, S.D., Franca, A.S., Glória, B.A. and Borges, M.L.A.,** 2005, The effect of roasting on the presence of bioactive amines in coffees of different qualities, *Food Chemistry*, 90:287-291pp.
- Opitz, E., Goodman, B.A., Keller, M., Smrke, S., Wellinger, M., Schenker, S. and Yeretjian, C.,** 2017, Understanding the effects of roasting on antioxidant components of coffee brews by coupling on-line abts assay to high performance size exclusion chromatography, *Phytochemical Analysis*, 28:106-114pp.
- Otálora, M.C., Carriazo, J.G., Iturriaga, L., Nazareno, M.A. and Osorio, C.,** 2015, Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia Ficus-Indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents, *Food Chemistry*, 187:174–181pp.
- Özdestan, Ö. and Üren, A.,** 2009, A method for benzoyl chloride derivatization of biogenic amines for high performance liquid chromatography, *Talanta*, 78(4–5):1321-1326pp.
- Özgür, N.,** 2012, Türk kahvesi standartları ve pişirme ekipmanları teknik analizi, *Türk Kahvesi Kültürü ve Araştırmaları Derneği*, 27s.
- Papillo, V.A., Locatelli, M., Travaglia, F., Bordiga, M., Garino, C., Coisson, J.D. and Arlorio, M.,** 2019, Cocoa hulls polyphenols stabilized by microencapsulation as functional ingredient for bakery applications, *Food Research International*, 115:511–518pp.
- Pedroso-Santana, S. and Fleitas-Salazar, N.,** 2020, Ionotropic gelation method in the synthesis of nanoparticles/microparticles for biomedical purposes. *Polymer International*, 69:443-447pp.
- Peng, T., Zhang, X., Huang, Y., Zhao, Z., Liao, Q., Xu, J., Huang, Z., Zhang, J., Wu, C.- Y. and Pan, X.,** 2017, Nanoporous mannitol carrier prepared by non-organic solvent spray drying technique to enhance the aerosolization performance for dry powder inhalation, *Scientific Reports*, 7: 46517.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pereira, G., Neto, D.P.C., Antonio, M., Zulma, S.V., Adriane, M., Luciana V., Carlos, S.,** 2019, Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review, *Food Chemistry*, 272:441-452pp.
- Pessoa Lemos, Y., Marfil, P.H.M. and Nicoletti. V.R.,** 2017, Particle size characteristics of buriti oil microcapsules produced by gelatin-sodium alginate complex coacervation: Effect of stirring speed, *International Journal of Food Properties*, 20(2):1438-1447pp.
- Pintać, D., Bekvalac, K., Mimica-Dukić, N., Rašeta, M., Andelić, N., Lesjak, M. and Orčić, D.,** 2022, Comparison study between popular brands of coffee, tea and red wine regarding polyphenols content and antioxidant activity, *Food Chemistry Advances*, Volume 1,100030.
- Pons, Z., Margalef, M., Bravo, F., Arola-Arnal, A. and Muguerza, B.,** 2017, Chronic administration of grape-seed polyphenols attenuates the development of hypertension and improves other cardiometabolic risk factors associated with the metabolic syndrome in cafeteria diet-fed rats, *British Journal of Nutrition*, 117:200–208pp.
- Pourshahidi, K.L., Navarini, L., Petracco, M. and Strain, J.J.,** 2016, A comprehensive overview of the risks and benefits of coffee consumption, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 671-684pp.
- Prata, A.S., Zanin, M.H.A., Re, M.I., Grosso, C.R.F.,** 2008, Release properties of chemical and enzymatic crosslinked gelatin–gum Arabic microparticles containing a fluorescent probe plus vetiver essential oil, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 67(2):171–178pp.
- Prasad, N., Thombare, N., Sharma, S.C., Kumar, S.,** 2022, Gum arabic – A versatile natural gum: A review on production, processing, properties and applications, *Industrial Crops and Products*, Volume 187, Part A, 115304.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ramadan, M.M., Haggar, E.F.E., Mohamed, R.S., Mahmoud, K.F., Mabrouk, A.M., Hussien, A.G., Mahmoud, A.G., Mohawed, O.L.A. and El-Messery, T.M.,** 2024, Development of a functional cake with probiotics and micro-encapsulated essential oils: Evaluation of nutritional properties, liver protection, and immune boosting, *Heliyon*, Volume 10.
- Rashmi, H. B. and Negi, P. S.,** 2020, Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits, In *Food Research International*, Volume 136:109298.
- Ravindranathan, P., Pasham, D. and Goel, A.,** 2019, Oligomeric proanthocyanidins (OPCs) from grape seed extract suppress the activity of ABC transporters in overcoming chemoresistance in colorectal cancer cells, *Carcinogenesis*, 40:412– 421pp.
- Razmkhah, S., Tan, C., Long, K. And Nyam, K.,** 2013, Quality changes and antioxidant properties of microencapsulated kenaf (*Hibiscus Cannabinus L.*) seed oil during accelerated storage, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(12).
- Reis D. R., Ambrosi, A. and Luccio, M. D.,** 2022, Encapsulated essential oils: A perspective in food preservation, *Future Foods*, Volume 5, 100126.
- Rendón, M.Y., Salva, T.J.G. and Bragagnolo, N.,** 2014, Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage, *Food Chemistry*, 147:279-286pp.
- Ribeiro, E., Polachini, T., Alvim, I., Quiles, A., Hernando, I. And Nicoletti, V.,** 2021, Microencapsulation of roasted coffee oil pickering emulsions using spray and freeze-drying, physical, structural, and in vitro bioaccessibility studies, *International Journal of Food Science and Technology*, 57(1):145-153pp.
- Ruhl, C.E. and Everhart, J.E.,** 2005, Coffee and tea consumption are associated with a lower incidence of chronic liver disease in the United States, *Gastroenterology*, 129:1928–1936pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rutz, J.K., Borges, C.D., Zambiasi, R.C., Crizel-cardozo, M.M., Kuck, L.S., and Norena, ~ C.P.Z.,** 2017, Microencapsulation of palm oil by complex coacervation for application in food systems, *Food Chemistry*, 220:59–66pp.
- Saifullah, M., Shishir, M. R. I., Ferdowsi, R., Rahman, M. R. T. and Van Vuong, Q.,** 2019, Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review, *Trends in Food Science and Technology*, 86:230-251pp.
- Saya, L., Malik, V., Singh, A., Singh, S., Gambhir, G., Singh, W. R., Chandra, R. and Hooda, S.,** 2021, Guar gum based nanocomposites: Role in water purification through efficient removal of dyes and metal ions, *Carbohydrate Polymers*, Volume 261, 117851.
- Schenker, S. and Rothgeb, T.,** 2017, The roast-creating the beans' signature, Folmer, B. (Ed.), *The craft and science of coffee*, Academic Press, 245-271pp.
- Schmidt, H. de O., Rockett, F. C., Pagno, C. H., Possa, J., Assis, R. Q., Oliveira, V. R. de, and Rios, A. de O.,** 2018, Vitamines, bioactive compounds diversity of seven fruit species from South Brazil, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7):3307-3317pp.
- Serrano, J., Puupponen-Pimiä, R., Dauer, A., Aura, A.M. and Saura-Calixto, F.,** 2009, Tannins: current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects, *Molecular Nutrition and Food Research*, 53(2): S310-329pp.
- Sevindik, O. ve Selli, S.,** 2016, Üzüm Çekirdeklerinin Temel Biyoaktif Bileşenleri, *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2): 9-16s.
- Shehaj, A. and Morina, A.,** 2022, Evaluation of some physical, chemical and sensorial parameter of turkish coffee trade in the Albanian market, *Journal of Biological Studies*, 5(3):396–404pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L. and Jin, B.,** 2022, Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity, *Food Chemistry*, Volume 383,132531.
- Silva, E.K. and Meireles, M.A.A.,** 2014, Encapsulation of food compounds using supercritical technologies: Applications of supercritical carbon dioxide as an antisolvent, *Food and Public Health*, 4(5):247-258pp.
- Silva, J. A., Borges, N., Santos, A. and Alves, A.,** 2012, Method Validation for Cafestol and Kahweol Quantification in Coffee Brews by HPLC-DAD, *Food Analytical Methods*, 5, 1404-1410pp.
- Singh, H., Kumar, Y., and Meghwal, M.,** 2022, Encapsulated oil powder: Processing, properties, and applications, *Journal of Food Process Engineering*, 45(8), e14047.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A.,** 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16:144–153pp.
- Smoković, B., Belščak-Cvitanović, A., Jurinjak Tusek, A., Horžić, D., Komes, D., Gajdoš Kljusurić, J. and Kurtanjek, Z.,** 2011, Identification of polyphenols and methylxanthines in teas, herbal infusions, coffee and cocoa products by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to high performance liquid chromatography (HPLC), 7th International Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutritionists, Opatija, Hrvatska.
- Soares, C.M.D., Alves, R.C., Oliveira, M.B.P.P.,** 2015, Factors affecting acrylamide levels in coffee beverages, Preedy, V.R. (Ed.), *Coffee in health and disease prevention*, Academic Press, 217–224pp.
- Soleymani, S., Iranpanah, A., Najafi, F., Belwal, T., Ramola, S., Abbasabadi, Z., Momtaz, S. and Farzaei, M.H.,** 2019, Implications of grape extract and its nanoformulated bioactive agent resveratrol against skin disorders, *Archives of Dermatological Research*, 311:577–588pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P. and Siriamornpun, S.,** 2011, Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* L. Cv. Catimor), International Journal of Food Science and Technology, 46(11):2287– 2296pp.
- Sözlü, S., Yılmaz, B. and Tek, N.,** 2017, Kahve Tüketimi ve Bazı Hastalıklarla İlişkisi Coffee Consumption and Relation with some disease, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2):33-39s.
- Spada, J.C., Noreña, C.P.Z., Marczak, L.D.F. and Tessaro, I.C.,** 2012, Study on the stability of β -carotene microencapsulated with Pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch, Carbohydrates Polymers, 89:1166–1173pp.
- Spinelli, S., Conte, Matteo, A. and Del Nobile, A.,** 2016, Microencapsulation of extracted bioactive compounds from brewer's spent grain to enrich fish-burgers, Food and Bioproducts Processing, 100:450–456pp.
- Takahaski, K., Yanai, S. and Shimokado, K.,** 2017, Coffee consumption in aged mice increases energy production and decreases hepatic mTOR levels, Nutrition 38:1-8pp.
- Tarone, A.G., Cazarin, C.B.B., and Marostica Junior, M.R.,** 2020, Anthocyanins: New techniques and challenges in microencapsulation, In Food Research International, Volume 133,109092.
- Tartıcı, R.,** 2020, Brokoliden (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Fenolik Madde Ekstraksiyonu Yöntem ve Koşullarının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 122s.
- Taşcı, B.,** 2019, Mor soğan (*Allium Cepa* L.) tozu üretimi ve özellikleri, In Samsun Sağlık Bilimleri Dergisi, Volume 4, Issue 2.
- Taveira, J.D.S., Borém, F.M., Da Rosa, S.D.V., Oliveira, P.D., Giomo, G.S., Isquierdo, E.P. and Fortunato, V.A.,** 2015, Post-harvest effects on beverage quality and physiological performance of coffee beans, African Journal of Agricultural Research, 10(12):1457-1466pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- TGKY**, 2016, Kahve ve Kahve Ekstraktları Tebliği, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Tebliğ No:2016/7, T.C. Resmi Gazete Sayı:29642. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/03/20160303-2.htm>
- The European Parliament and the Council of the European Union**, 2006, regulation (EC) no 1924/2006 of the European parliament and of the council on nutrition and health claims made on foods, Official Journal of the European Union, 404:9-25.
- Timilsena, Y.P., Akanbi, T. O., Khalid, N., Adhikari, B., Colin J. and Barrow, C. J.**, 2019, Complex coacervation: Principles, mechanisms and applications in microencapsulation, International Journal of Biological Macromolecules, 121:1276-1286pp.
- Toledo, P.R., Pezza, L., Pezza, H.R. and Toci, A.T.**, 2016, Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15(4):705-719pp.
- Tolve, R., Galgano, F., Caruso, M. C., Tchuenbou-Magaia, F. L., Condelli, N., Favati, F. and Zhang, Z.**, 2016, Encapsulation of health-promoting ingredients: Applications in foodstuffs, International Journal of Food Sciences and Nutrition, 67(8):888–918pp.
- TS ISO 11294**, 2001, Kahve – Kavrulmuş, Öğütülmüş- Rutubet Muhtevası Tayini- 103 °C’da Kütle Kaybı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tsafack, P.B. and Tsopmo, A.**, 2022, Effects of bioactive molecules on the concentration of biogenic amines in foods and biological systems, Heliyon, 29;8(9):e10456.
- Tu, X., Wang, M., Liu, Y., Zhao, W., Ren, X., Li, Y., Liu, H., Gu, Z., Jia, H., Liu, J., Li, G.ve Li L.**, 2019, Pretreatment of Grape Seed Proanthocyanidin Extract Exerts Neuroprotective Effect in Murine Model of Neonatal Hypoxic-ischemic Brain Injury by Its Antiapoptotic Property, Cellular and Molecular Neurobiology, 39:953–961pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Turan Ayseli, M., Kelebek, H. and Selli, S.,** 2021, Elucidation of aroma-active compounds and chlorogenic acids of Turkish coffee brewed from medium and dark roasted *Coffea arabica* beans, Food Chemistry, 15;338:127821.
- Turan Ayseli, M. and Selli, S.,** 2018, Türk kahvesinin kimyasal bileşimi ve duyuşal özellikleri üzerine iki farklı kavurma işleminin etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 35-6.
- Turasan, H., Sahin, S. and Sumnu, G.,** 2015, Encapsulation of rosemary essential oil, LWT-Food Science and Technology, 64:112–119pp.
- Turkmen, N., Sari, F., Poyrazoglu, E.S., Velioglu, Y.S.,** 2006, Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey, Food Chemistry, 95: 653-657pp.
- Tzoulaki, I.,** 2018, Moderate coffee intake and cardiovascular health; no grounds for concern, Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 28(8):808-809pp.
- Umaz, A., Güngören, M., Baran, M.F. ve Atalar, M.N.,** 2019, Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki üç farklı ilin üzümünün GC-FID metoduyla yağ asitlerinin karşılaştırılması, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(4): 2174-2180s.
- Uslu, N.,** 2022, The influence of decoction and infusion methods and times on antioxidant activity, caffeine content and phenolic compounds of coffee brews, European Food Research and Technology, 248:2021–2030pp.
- Ülger, N.,** 2015, Türk Kahvesi ve Bazı Hazır Kahve Karışımlarının Total Fenol İçeriği ve Antioksidan Aktivitelerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 138s.
- Valduga, A.T., Gonçalves, I.L., Magri, E. and Finzer, J.R.D.,** 2019, Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages, Food Research International, 120:478-503pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wang, Y.J., Thomas, P., Zhong, J.H., Bi, F.F., Kosaraju, S., Pollard, A. and Zhou, X.F.,** 2009, Consumption of grape seed extract prevents amyloid- β deposition and attenuates inflammation in brain of an Alzheimer's disease Mouse, *Neurotoxicity Research*, 15:3–14pp.
- Wierzejska, R.,** 2015, Coffee consumption vs. cancer risk- a review of scientific data, *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 66(4): 293-298pp.
- Wu, H., Lu, P., Liu, Z., Sharifi-Rad, J. and Suleria, H. A.,** 2022, Impact of roasting on the phenolic and volatile compounds in coffee beans, *Food Science and Nutrition*, 10(7):2408-2425pp.
- Wuerges, K.L., Dias, R.C., Viegas, M.C. and Benassi, M.T.,** 2020, Kahweol and cafestol in coffee brews: comparison of preparation method, *Revista Ciência Agronômica*, 51(1).
- Xia, Q., Akanbi, T.O., Wang, B., Li, R., Liu, S. and Barrow, C.J.,** 2020, Investigation of enhanced oxidation stability of microencapsulated enzymatically produced tuna oil concentrates using complex coacervation, *Food and Function*, 11:10748:10757pp.
- Xu, B.J. and Chang, S.K.C.,** 2007, A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents, *Journal of Food Science*, 72:159-166pp.
- Xu, J.Z., Yeung, S.Y.V., Chang, Q., Huang, Y. and Chen, Z.Y.,** 2004, Comparison of antioxidant activity and bioavailability of tea epicatechins with their epimers, *British Journal of Nutrition*, 91(6):873–81pp.
- Yang, Z., Peng, Z., Li, J., Li, S., Kong, L., Li, P. and Wang, Q.,** 2014, Development and evaluation of novel flavour microcapsules containing vanilla oil using complex coacervation approach, *Food Chemistry*, 145:272-277pp.
- Yashin, A., Yashin, Y., Wang, J.Y. and Nemzer, B.,** 2013, Antioxidant and antiradical activity of coffee, *Antioxidants (Basel)*, 2(4):230-45pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yeretzian, C., Jordan, A., Badoud, R. and Lindinger, W.,** 2002, From the green bean to the cup of coffee: investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles, *European Food Research and Technology*, 214:92–104pp.
- Yeo, Y., Bellas, E., Firestone, W., Langer, R., Kohane, D.S.,** 2005, Complex coacervates for thermally sensitive controlled release of flavor compounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19):7518–7525pp.
- Yıldırım, S., Demir, E. and Gök, İ.,** 2020, Türk ve filtre kahve örneklerindeki toplam antioksidan kapasitelerinin elektrokimyasal yöntemle belirlenmesi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1):382-393s.
- Yıldız, O., Şahin, H., Meryem, K.A.R.A., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. and Kolaylı, S.,** 2010, Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. *Akademik Gıda*, 8(6): 44-51s.
- Yiğit, N.,** 2021, Çileklerdeki Bazı Pestisit Kalıntıları Üzerine Yıkama, Pastörizasyon ve Farklı Sıcaklıklarda Depolamanın Etkisi, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 250s.
- Yiğit, Ü.,** 2018, Kırmızı Lahana Antosiyaninlerinin Mikrodalga ve Konvansiyonel Yöntemler ile Özütlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 133s.
- Young, S.N.,** 2013, The effect of raising and lowering tryptophan levels on human mood and social behaviour, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368, 20110375.
- Yourdhani, M., Leme-Kraus, A.A., Aydin, B., Bedran-Russo, A.K. and White, S.R.,** 2017, Encapsulation of grape seed extract in polylactide microcapsules for sustained bioactivity and time-dependent release in dental material applications, *Dental Materials*, 33:630-636pp.
- Youssef, S.B., Brisson, G., Doucet-Beaupré, H., Castonguay, A.M., Gora, C., Amri, M. and Lévesque, M.,** 2019, Neuroprotective benefits of grape seed and skin extract in a mouse model of Parkinson's disease, *Nutritional Neuroscience*, 25:1–15pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yüksel, A.N., Barut, K.T.Ö. and Bayram, M.,** 2020, The effects of roasting, milling, brewing and storage processes on the physicochemical properties of Turkish coffee. *LWT Food Science and Technology*, 131,109711.
- Zain, M.Z.M., Shori, A.B. and Baba, A.S.,** 2017, Composition and health properties of coffee bean, *European Journal of Clinical and Biomedical Sciences*, 3(5):97-100pp.
- Zhang, K., Zhang, H., Hu, X., Bao, S. and Huang, H.,** 2012, Synthesis and release studies of microalgal oil-containing microcapsules prepared by complex coacervation, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 89:61-66pp.
- Zhang, R., Huang, L., Xiong, X., Qian, M. and Ji, H.,** 2019, Preparation and release mechanism of lavender oil microcapsules with different combinations of coating materials, *Flavour and Fragrance Journal*, 35(2):157-166pp.
- Zhou X., Qiu M., Zhao D., Lu F. and Ding Y.,** 2016, Inhibitory effects of spices on biogenic amine accumulation during fish sauce fermentation, *Journal of Food Science*, 81(4):M913-M920pp.
- Zhou, Q., Yang, L., Xu, J., Qiao, X., Li, Z., Wang, Y., and Xue, C.,** 2018, Evaluation of the physicochemical stability and digestibility of microencapsulated esterified astaxanthins using in vitro and in vivo models, *Food Chemistry*, 260:73–81pp.
- Zhu, M., Long, Y., Chen Y., Huang, Y., Tang, L., Gan, B., Yu, Q. And Xie, J.,** 2021, Fast determination of lipid and protein content in green coffee beans from different origins using NIR spectroscopy and chemometrics, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 102, 104055.
- Zokti, J., Badlishah, A., Baharin, S., Abas, F. and Baharin, B.,** 2016, Microencapsulation of green tea extracts and its effects on the physicochemical and functional properties of mango drinks, *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 16:16-32pp.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince desteğini ve yardımını esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın gerçekleşmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri koordinasyon birimine (Proje No: 24072) teşekkürlerimi sunarım.

Her konuda bana yardımcı olan sevgili eşim Muhittin TUNCER'e, kızlarım Zeynep ve Yaren'e, manevi desteğini esirgemeyen canım anneme ve babama, abime ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

25/ 01/ 2024

Cennet ARSLAN TUNCER

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim: Cennet ARSLAN TUNCER

İŞ TECRÜBELERİ

- Atatürk Orman Çiftliği Süt Fabrikası Stajyer Mühendis (2010)
- Elbistan Halk Ekmek Fabrikası Stajyer Mühendis (2011)
- Tire İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü Gıda Mühendisi (2016- devam etmekte)

ÖĞRENİM DURUMU

Lise -Elbistan Mükrimin Halil Yabancı Dil Ağırlıklı Lise (2002-2006)

Üniversite- Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2007-2012)

Yüksek Lisans- Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği (2021- 2024)

YABANCI DİL VE DÜZEYİ

- İngilizce- İyi

BİLGİSAYAR BECERİLERİ

- Microsoft Office Programları
- Visual Basic
- Matlab

KURS VE SERTİFİKALAR

- HACCP Tetkik Eğitimi- Tarım ve Orman Bakanlığı (2018)
- Kontrol Görevlisi Eğitimi -Tarım ve Orman Bakanlığı (2016)
- Satın Alma Uzmanlı Eğitimi-Benmar Kariyer Okulu (2012)
- Speak Up- English Anchor (2012)

- İntermediate düzeyde Başarılı Sertifikası-Pasific English (2012)
- Tam Buğday Ekmeği Sempozyumu- Ankara Halk Ekmek Fabrikası (2012)
- MONIQA Projesi Katılım Sertifikası (2011)
- ISO-22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistem Temel Eğitimi-TSE (2011)
- ISO-22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Dökümantasyon Eğitimi-TSE (2011)
- ISO-22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi İç Tetkik Eğitimi-TSE (2011)
- Girişimcilik, Etkili İnsan Olmanın İncelikleri, Hafıza Teknikleri, Hayat Yolunda Başarı- Personal
- Development Academy (2009)
- Eğitimcinin Eğitimi- Türkiye Uğur Böcekleri Projesi İzgören& Akin (2007)

YAYINLAR

Arslan Tuncer, C., Özdestan Ocak, Ö., 2022, Gıdaların biyoaktif maddeler ile zenginleştirilmesinde mikroenkapsülasyon teknolojisinin kullanımı, Türkiye 14. Gıda Kongresi, Poster Sunumu.

EKLER

Ek 1. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)

Ek 2. Kullanılan UV spektrofotometre cihazları

Ek 3. Liyofilizatör

Ek 4. Renk cihazı

Ek 5. Yapılan deneylerle ilgili görseller

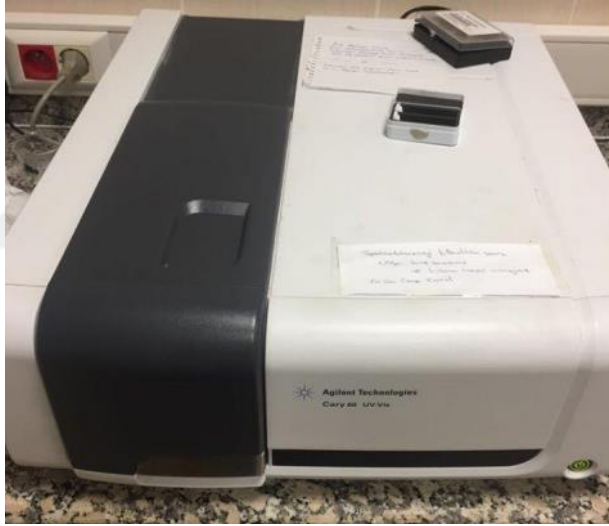
Ek 6. HPLC’de elde edilen kromatogramlar



Ek 1. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)



Ek 2. Kullanılan UV spektrofotometre cihazları



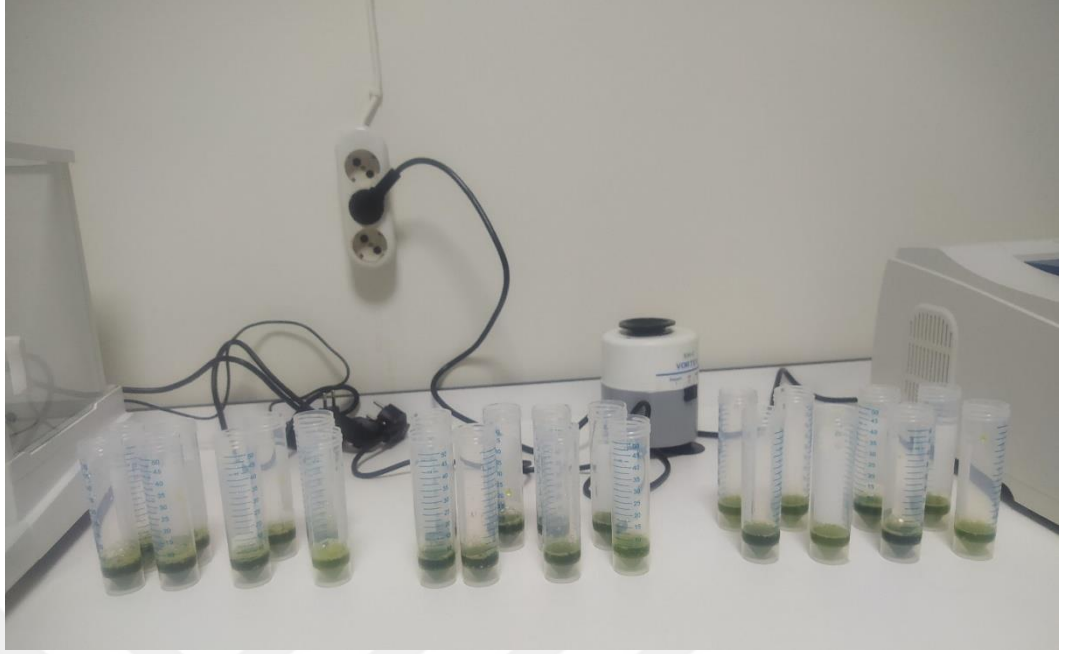
Ek 3. Liyofilizatör

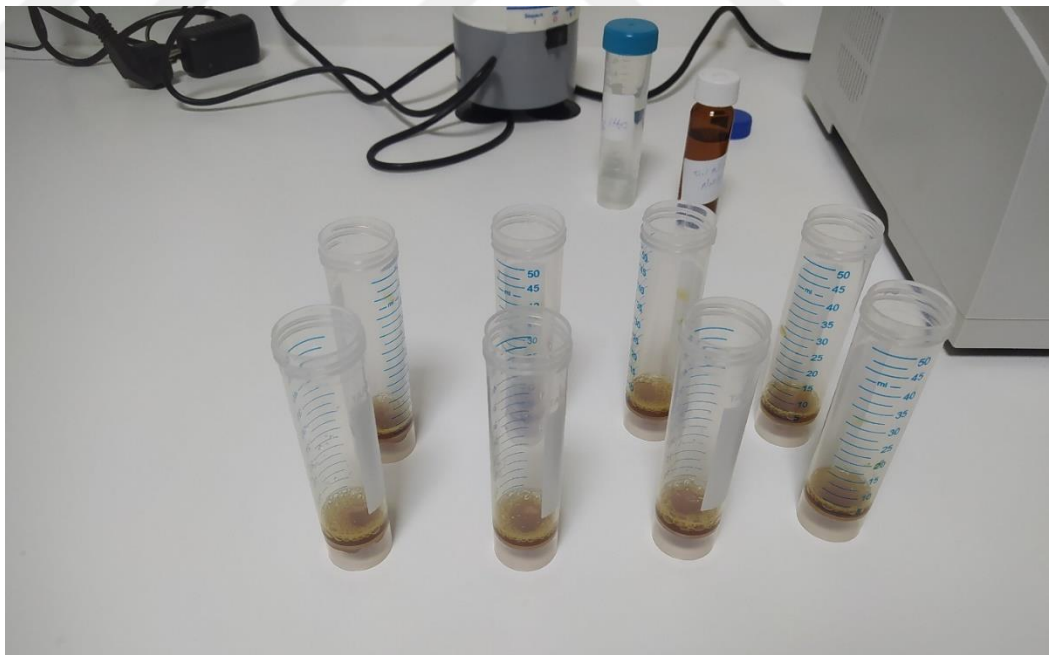


Ek 4. Renk cihazı



Ek 5. Yapılan deneylerle ilgili görseller

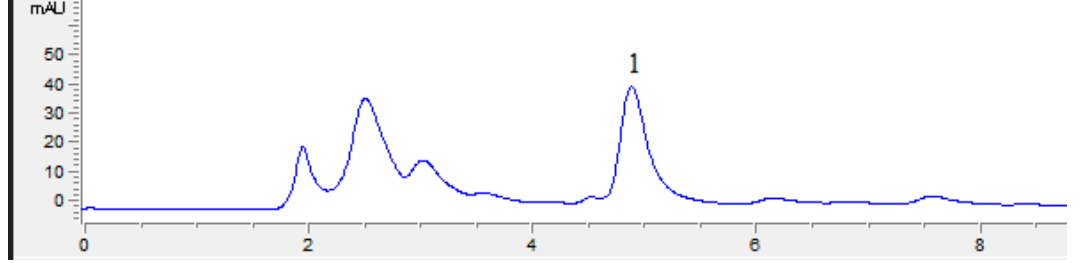




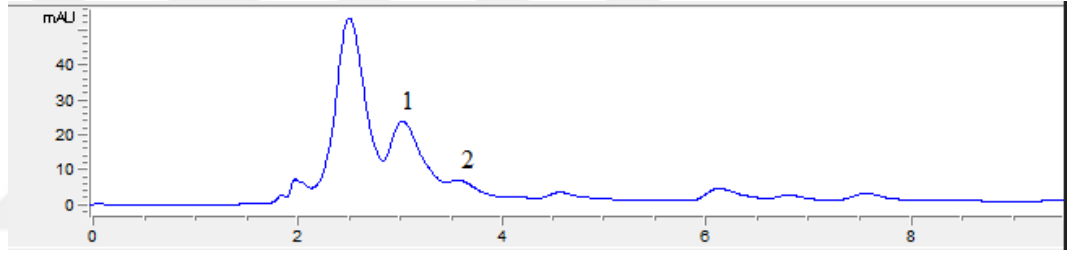


Ek 6. HPLC’de elde edilen kromatogramlar

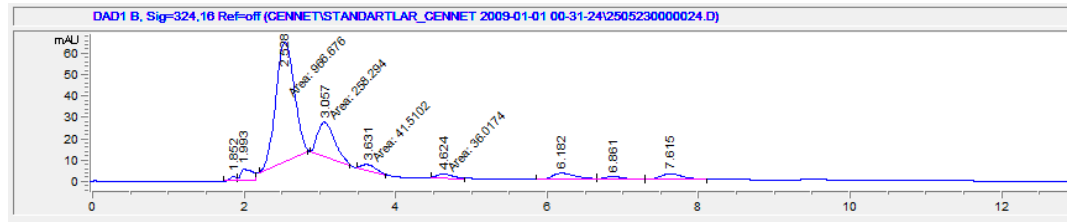
Orta kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram (Kafein ve fenolik bileşiklerin tayini, 280 nm, 1-kafein)



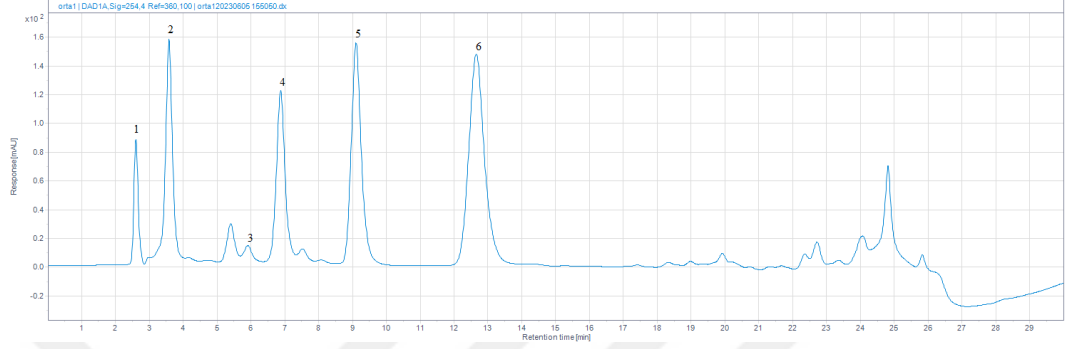
Çok kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram (Kafein ve fenolik bileşiklerin tayini, 324 nm, 1-klorojenik asit, 2-kafeik asit)



%35 mikrokapsül ilaveli az kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram (Kafein ve fenolik bileşiklerin tayini, 324 nm)



Orta kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram (Biyojen amin tayini, 1-putresin, 2-kadaverin, 3-spermidin, 4-iç standart, 5-histamin, 6-tiramin)



Çok kavrulmuş Türk kahvesine ait kromatogram (Biyojen amin tayini, 1-putresin, 2-kadaverin, 3-spermidin, 4-iç standart, 5-histamin, 6-tiramin)

