



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ORANLARDA MİKROENKAPSÜLE BALIK YAĞI
EKLENEN BALLI KARIŞIMLARDA DUYUSAL, FİZİKSEL
VE KİMYASAL KALİTE DEĞİŞİMLERİNİN
İNCELENMESİ**

HALİL ORUÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

ORDU 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

HALİL ORUÇ

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

FARKLI ORANLARDA MİKROENKAPSÜLE BALIK YAĞI EKLENEN BALLI KARIŞIMLARDA DUYUSAL, FİZİKSEL VE KİMYASAL KALİTE DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

HALİL ORUÇ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 92 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. BAHAR TOKUR)

Bu araştırmada, bala mikrokapsüle balık yağı eklenerek 100 g' da beş farklı oranda eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA) miktarına (80 mg EPA+DHA/ 100 g, 160 mg EPA+DHA/ 100 g, 400 mg EPA+DHA/ 100 g, 750 mg EPA+DHA/ 100 g ve 1500 mg EPA+DHA/ 100 g) sahip ballı karışımlar elde edilmiştir. Mikrokapsüle balık yağı içermeyen bal ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan mikrokapsüle balık yağının nem içeriği 3.4 ± 0.3 ve mikrokapsülleme etkinliği 81.9 ± 3.37 olarak bulunmuştur. Ham balık yağı ile karşılaştırıldığında, mikrokapsüle balık yağının peroksit değerinin istatistiksel olarak önemli bir biçimde arttığı ($p < 0.05$), fakat diğer lipit kalite parametreleri olan serbest yağ asidi (% oleik asit) ve tiyobarbitürik asit değerleri (mg malonaldehit/ kg)' nin önemli bir değişikliğe uğramadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$). Çalışmada kullanılan ham balın kalite parametrelerinin (nem, pH, serbest asitlik, diastaz sayısı, hidrosimetilfurfural (HMF), şeker kompozisyonu (fruktoz, glukoz, sakkaroz ve maltoz), ve prolin) Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği' ne (2020/7) uygun olduğu saptanmıştır. Mikrokapsüle balık yağı eklenmiş farklı oranlarda EPA+DHA içeren ballı karışımlarda HMF, glukoz, diyastaz, nem ve prolin değerlerinde bir azalma, pH, serbest asitlik, sakkaroz ve maltoz değerlerinde ise bir artış tespit edilmiştir. Bal karışımlarının L* değeri, mikrokapsül balık yağı miktarının artışıyla daha beyaza ve b* değeri ise daha sarı renge yaklaşmıştır. Farklı oranlarda EPA+DHA içeren ballı karışımların panelistler tarafından yapılan duyusal değerlendirmesinde, en çok beğenilen grubun 100 g 'da 80 mg EPA+DHA içeren ballı karışım olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ω -3 PUFA, Bal, Kalite, Mikrokapsüle Balık Yağı, EPA, DHA

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SENSORY, PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY CHANGES IN HONEY MIXTURES ADDED WITH DIFFERENT RATIOS OF MICROENCAPSULATED FISH OIL

HALİL ORUÇ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

FISHERIES TECHNOLOGY ENGINEERING

MASTER THESIS, 92 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. BAHAR TOKUR)

In this study, honey mixtures with five different amounts of eicopentaoneic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) per 100 g (80 mg EPA+DHA/100 g, 160 mg EPA+DHA/100 g, 400 mg EPA+DHA/100 g, 750 mg EPA+DHA/100 g, and 1500 mg EPA+DHA/100 g) were obtained by adding microencapsulated fish oil to honey. Honey without microencasulated fish oil was evaluated as the control group. The moisture content of the microencapsulated fish oil used in the study was found to be $3.4\pm 0.3\%$ and the microencapsulation efficiency was $81.9\pm 3.37\%$. Compared to crude fish oil, it was determined that the peroxide value of microencapsulated fish oil increased statistically significantly ($p<0.05$), but other lipid quality parameters such as free fatty acid (% oleic acid) and thiobarbituric acid values (mg malonaldehyde/kg) did not undergo a significant change ($p>0.05$). The quality criteria of raw honey utilized in the study (humidity, pH, free acidity, diastase number, hydroxymethylfurfural (HMF), sugar composition (fructose, glucose, sucrose, and maltose), and proline) were found to be in agreement with the Turkish Food Codex Honey Communiqué (2020/7). Honey mixtures comprising varied ratios of EPA+DHA added to microencapsulated fish oil showed a decrease in HMF, glucose, diastases, humidity, and proline values while increasing pH, free acidity, sucrose, and maltose values. The L^* value of honey mixtures became whiter and the b^* value became more yellow with the increase in the amount of microencapsulated fish oil. In the sensory evaluation of honey mixtures containing different amounts of EPA+DHA by the panelists, it was determined that the most appreciated group was the honey mixture containing 80 mg EPA+DHA per 100 g.

Keywords: ω -3 PUFA, Honey, Quality, Microencapsulated Fish Oil, EPA, DHA

TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi, çalışmanın yürütölmesi ve yazımı esnasında başta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Bahar TOKUR' a ve balda kalite analizleri için laboratuvar olanaklarını kullanmamıza destek olan Arıcılık Araştırma Enstitüsü İdaresine, analizlerin yapıldığı Gıda Teknolojisi Bölümü Laboratuvarının tüm personellerine teşekkür ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim eőim, çocuklarım, annem ve babama da teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	IX
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1 Balık Yağının İnsan Sağlığına Etkileri	5
2.2 Balık Yağının Tüketim Önerileri	8
2.3 Balın Kimyasal Bileşimi	12
2.4 Balın İnsan Sağlığına Etkileri	18
2.5 Balın Kalitesi.....	22
2.5.1 Nem	26
2.5.2 pH ve Serbest Asitlik	26
2.5.3 5-Hidroksimetilfurfural (HMF).....	27
2.5.4 Prolin	27
2.5.5 Renk	28
2.5.6 Elektriksel İletkenlik	29
2.5.7 Kristalizasyon.....	30
2.6 Bal ve ω-3 Karışımlarının İnsan Sağlığına Etkileri	31
2.7 Dondurarak Kurutulan Mikroenkapsüle Balık Yağlarının Kalitesi	34
2.8 Mikroenkapsüle Balık Yağlarının Gıdalarda Kullanımı	40
3. MATERYAL VE YÖNTEM	46
3.1 Materyal	46
3.2 Yöntem.....	46
3.2.1 Balık Yağının Mikroenkapsülasyonu.....	46
3.2.2 Mikroenkapsülasyon etkinliği (%).....	47
3.2.3 Mikroenkapsüle Balık Yağında Nem.....	47
3.2.4 Mikroenkapsüle Balık Yağının Lipit Kalitesi.....	47
3.2.5 Bal ve Bal karışımlarının Kalitesi	49
3.2.5.1 Nem Analizi	49
3.2.5.2 pH- Serbest Asitlik Analizi	49
3.2.5.3 Diastaz Aktivitesi Analizi	50
3.2.5.4 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarı Analizi.....	51
3.2.5.5 Şeker Kompozisyonu (Fruktoz, Glukoz, Sakkaroz ve Maltoz) Analizi	51
3.2.5.6 Prolin Analizi	53
3.2.5.7 Renk Analizi	54
3.2.5.8 Duyusal Analiz.....	54
3.2.6 İstatistiksel Analiz.....	55
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	56
4.1 Mikroenkapsülleme Etkinliği (ME, %)	56
4.2 Mikroenkapsüle Balık Yağının Nemi (%).....	57

4.3 Mikro kapsüle Balık Yağının Kalitesi.....	58
4.4 Mikro kapsüle Balık Yağı Eklenen Ballı Karışımların Kalitesi.....	60
4.4.1 Nem	60
4.4.2 pH	61
4.4.3 Serbest asitlik	62
4.4.4 Diastaz.....	64
4.4.5 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği	65
4.4.6 Şeker Kompozisyonu	67
4.4.7 Prolin	68
4.4.8 Renk	70
4.4.9 Duyusal Değerlendirme	73
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	76
6. KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	93

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 İnsan Sağlığına Faydaları Bilinen ω -3 Yağ Asitleri (Karageorgou ve ark., 2023)	5
Şekil.2.2 Balın Bileşimindeki Fruktoz ve Glikoz İle Bazı Oligosakkaritlerin (Sakkaroz, Maltoz, Trehaloz, Turanoz ve Palatinoz) Yapıları (Ilia ve ark., 2021)	14
Şekil 2.3 Balda Karakterize Edilen Fenolik Bileşikler (Palma-Morales ve ark., 2023).	17
Şekil 2.4 Bal Örneklerinin Coğrafi Dağılımını Gösteren Türkiye Haritası. Ormangülü Örnek Sayıları, 1–20; Kestane Örnek Sayıları, 21–26; Tatlı Özsu Örnek Sayıları, 27–32; Anzer Örnek Sayıları, 33–40; Okaliptüs Örnek Numaraları, 41 ve 42; Gossypium Örnek Numaraları, 43 ve 44; Ayçiçeği Numune Numarası, 45; ve Çok Çiçekli Örnek Sayıları, 46–70.	17
Şekil 2.5 Tüm Gruplar İçin Farklı Günlerde Yara Alanı.	31
Şekil 2.6 Morina Balığı Karaciğeri Yağı ve Bal Karışımıyla Tedavi Edilen Yaralar	32
Şekil 2.7 (a) Suda Yağ Mikrokapsülleme Prosesi ve (B) Temsili Mikrokapsül Yapılarının Şematik Diyagramları (Yan ve ark., 2022).....	35
Şekil 2.8 Sprey Kurutma (SD), Sprey Dondurarak Kurutma (SFD), Dondurarak Kurutma (FD) ve Mikrodalga Dondurarak Kurutmanın (MFD) Balık Yağı (FO) Mikrokapsüllerinin Özellikleri Üzerine Etkisi.....	37
Şekil 2.9 Farklı Protein/Yağ Kütle Oranlarına Sahip Su İçinde Balık Yağı Emülsiyonlarından Liyofilizasyon (Siyah) veya Sprey (Gri) İle Kurutulan Mikrokapsüllerin Peroksit Değeri (PV) (A) Ve 2-Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı (B) (1) :1 Ve 4:1 W/W) (Di Giorgio ve ark., 2021).....	40
Şekil 2.10 Farklı Miktar ve İçerikte Proteinle Stabilize Edilmiş Balık Yağı Mikrokapsülleri.....	44
Şekil 3.1 Dondurarak Kurutulmuş Mikroenkapsüle Balık Yağı.....	46
Şekil 3.2 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Nem Analizi.....	49
Şekil 3.3 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Serbest Asitlik-pH Analizi	50
Şekil 3.4 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Diastaz Analizi	51
Şekil 3.5 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Prolin Analizi.....	54
Şekil 3.6 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Renk Tayini	54
Şekil 4.1 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Renk Analizi	73

Şekil 4.2 Ham Bal ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Duyusal Değerlendirmesi 74

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Dünya Çapında Çeşitli Kuruluşların ve Bazı Ülkelerin EPA ve DHA Önerileri (Richter ve ark., 2016).....	9
Çizelge 2.2 Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği Hakkında Kılavuz (Türk Gıda Kodeksi, 2021).....	12
Çizelge 2.3 100 g Başına Balın Genel Kimyasal Bileşimi (Terzo ve ark., 2020).	13
Çizelge 2.4 Balın Bileşim Kriterleri (Thrasyvoulou ve ark., 2018).	23
Çizelge 2.5 Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği' ne (Tebliğ No: 2020/7) Göre Çiçek Balının Taşınması Gereken Özellikler.....	25
Çizelge 2.6 Bal, Morina Balığı Karaciğeri Yağı veya Karışımla Tedavi Sonucu Eşeklerde Cerrahi Olarak Oluşturulan Yaraların Ortalama Boyutu (Her Biri 3 Metakarpal Yara), Kontrol Yaraları (3 Metatarsal Yara) İle Karşılaştırıldığında.....	33
Çizelge 2.7 Başlangıç Değerlerine (Tedavi Öncesi) Kıyasla On Aylık Tedavi Sonrasında Değerlendirilen Sonuçlardaki Ortalama Değişiklikler.....	34
Çizelge 2.8 Örneklerin Nem İçeriği (%) (ortalama \pm SD).....	38
Çizelge 2.9 Örneklerin Enkapsülasyon Verimliliği (%) (ortalama \pm SD).....	38
Çizelge 2.10 Balık Yağı Mikrokapsüllerinin Geri Kazanılan Katı Verimi (SY), Toplam Yağ (TO), Serbest Yağ (FO) ve Kapsülleme Verimliliği (EE).....	39
Çizelge 2.11 Süt Ürünlerinin Duyusal Özelliklerini Etkilemeden Önce Eklenen Balık Yağı Miktarları (Jamshidi ve ark., 2020).....	42
Çizelge 4.1 Ham Balık Yağı ve Mikroenkapsüle Balık Yağının SYA (% oleik asit), PO (meq O ₂ /kg) ve TBA (mg malonaldehit/kg) Değerleri (Ortalama \pm SD).....	58
Çizelge 4.2 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Nem İçerikleri (%) (Ortalama \pm SD).....	60
Çizelge 4.3 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların pH Değerleri (Ortalama \pm SD).....	61
Çizelge 4.4 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş 5 Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Serbest Asitlik Değerleri (meq/kg) (Ortalama \pm SD).....	62
Çizelge 4.5 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Diastaz İçerikleri (Ortalama \pm SD)..	64
Çizelge 4.6 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların HMF (mg/ kg) içerikleri (Ortalama \pm SD).....	65
Çizelge 4.7 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Şeker Kompozisyonu (Fruktoz, Glukoz, Sakkaroz ve Maltoz) (Ortalama \pm SD).....	67
Çizelge 4.8 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Prolin Değerleri (mg/kg) (Ortalama \pm SD).....	69
Çizelge 4.9 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Renk Değerleri (L*, a* ve b*) (Ortalama \pm SD).....	70

Çizelge 4.10 Ham Bal ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Duyusal Değerlendirmesi (Ortalama \pm SD).....	73
--	----

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

µm	: Mikrometre
µl	: Mikrolitre
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
DHA	: Dokosaheksaenoik Asit
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
NA-Cas	: Sodyum Kazeinat
TBA	: Tiyobarbütirik asit
Mg	: Miligram
AA	: Amino Asit
WHC	: Su Tutma Kapasitesi
HMF	: Hidroksimetilfurfural
ME	: Mikroenkapsülasyon Etkinliği
SYA	: Serbest Yağ Asitleri
ARA	: Araşidonik Asit
FFA	: Serbest Yağ Asitleri
CRP	: C-Reaktif Proteini
GOED	: Küresel EPA ve DHA Omega-3 Organizasyonu
IBD	: İnflamatuar Bağırsak Hastalığı
SCFA	: Kısa Zincirli Yağ Asitleri
FAA	: Toplam Serbest Amino Asit
BHT	: Bütillenmiş Hidroksitoluen
α-TOC	: α-Tokoferol
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
SOD	: Süperoksit Dismutaz
CAT	: Katalaz
MDA	: Malondialdehit
LDL-C	: Lipoprotein Kolesterolü
BMI	: Vücut Kitle Endeksi
EAT	: Ehrlich Asit Tümörü
AB	: Avrupa Birliği
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
DA	: Diastaz Sayısı
EC	: Elektriksel İletkenlik
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
a_w	: Su Aktivitesi
IHC	: Uluslararası Bal Komisyonu
TH	: Tualang Balı
MFD	: Mikrodalga Dondurarak Kurutma
FO	: Balık Yağı
SD	: Sprey Kurutma
SFD	: Sprey Dondurarak Kurutma
FD	: Dondurarak Kurutma

EE	: Kapsülleme Etkinliği
PO	: Peroksit Değeri
AV	: Asit Değeri
WPC	: Peynir Altı Suyu Proteini
SY	: Geri Kazanılan Katı Verimi
TO	: Toplam Yağ
FO	: Serbest Yağ
FAME	: Yağ Asidi Metil Esterleri
TBARS	: Tiyobarbitürük Aktif Reaktif Madde
ME	: Mikrokapsülleme Etkinliği

1. GİRİŞ

Uzun yıllardır yapılan bilimsel çalışmalar, çoklu doymamış ω -3 yağ asidi (ω -3 PUFA) tüketiminin insan sağlığı için önemini ortaya koymuştur. Bu nedenle, tüketicinin daha sağlıklı olmak ve yaşam kalitesini iyileştirmek amacıyla sağlıklı beslenmeye olan talebinin artması, ω -3 PUFA bakımından zengin gıdaların daha çok tercih edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, ω -3 PUFA bileşenlerini içeren ürünlerin pazar payının her geçen yıl artması da popülerliklerini ve faydalarına ilişkin kamu bilincini doğrulamaktadır. Avrupa Birliği mevzuatı, bir gıdayı ' ω -3 yağ asidi kaynağı' ve ' ω -3 yağ asidi bakımından yüksek' olarak etiketlemek için minimum 100 g ve 100 kcal başına sırasıyla 40 ve 80 mg/100 g eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) toplamı olması gerektiği belirlemiştir (EU, 2010;2012).

Birçok sağlık kuruluşu, ihtiyaç duyulan uzun zincirli çoklu doymamış ω -3 yağ asitleri olan EPA ve DHA için kişi başı günlük alım miktarlarını belirlemiştir (EFSA, 2012; International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids, 2004). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority, EFSA) tarafından, EPA ya da DHA alımının günlük 250 mg, α -linolenik asidin (ALA) ise 2 g olması gerektiği bildirilmiştir. Ancak, EPA ve DHA'nın ana kaynakları olan balık ve deniz ürünlerinin tüketiminin, Avrupa'da ortalama günlük alım miktarı yaklaşık 0.056 g olduğundan önerilen alım miktarına ulaşmak için yeterli olmadığı belirtilmektedir (EFSA, 2012).

Türkiye'de su ürünleri tüketiminin, 2023 TÜİK verilerine göre, 2022 yılında bir önceki yıla oranla %12 artarak kişi başına yıllık 7,3 kg olduğu açıklanmıştır (TÜİK, 2023). Dünyada ise, 2020-22'deki ortalama kişi başı 20,4 kg olan balık tüketiminin 2032'de 21,2 kg'a ulaşması beklenmektedir (OECD / FAO, 2023). Bu veriler ışığında ülkemizdeki su ürünleri tüketimi dikkate alınırsa Avrupa Birliğinin yaklaşık olarak 3' te 1' i kadar tükettiğimiz düşünüldüğünde vücudumuz için gerekli olan EPA ve DHA'yı karşılayamadığımız açıkça görülmektedir. Bu nedenle, su ürünleri tüketiminin mutlaka artırılması gerekmektedir. Ancak, EPA ve DHA'nın ana kaynakları olan balık ve deniz ürünlerinin tüketimi, dünyada olduğu gibi ülkemizde de yeterli düzeyde değildir (Oliveira ve ark., 2021; TÜİK, 2023). Balık tüketiminin istenen düzeyde olmaması, gıda endüstrisinin balık yağı ile zenginleştirilmiş ürünlerin geliştirilmesine

olan ilgisinin artmasına yol açmıştır. Son zamanlarda, uluslararası piyasada balık yağı ile zenginleştirilmiş gıdaların hızla arttığı görülmektedir (Ghorbanzade ve ark., 2017).

Küresel EPA ve DHA Omega-3 Organizasyonu (GOED) 2022'ye göre, ω -3 bileşenleri (EPA ve DHA) pazarı 2021'de 1,53 milyar ABD doları değerindeydi. ω -3 yağ asitleri; diyet takviyeleri, bebek maması, klinik beslenme, güçlendirilmiş gıda ürünleri gibi çeşitli tüketici ürünlerinde veya eczacılıkta içerik maddesi olarak kullanılmaktadır. Future Market Insights, 2032 yılı sonu itibarıyla dünya çapındaki esansiyel yağ asitleri pazarının ω -3 kısmının değerinin 3,3 milyar ABD dolarından fazla olacağını tahmin edildiğini ve tahmini yıllık %10,0 büyüme oranının öngörüldüğünü ileri sürmüştür (Karageorgou ve ark., 2023).

Genel olarak, gıda uygulamalarında balık yağları ile ürün oluşturmadaki en büyük zorluk, uzun zincirli çoklu doymamış ω -3 yağ asitlerinin oksidasyona karşı duyarlılığıdır. Işık, ısı ve oksijen gibi çeşitli faktörler, bu yağları içeren gıda ürünlerinin hızla oksidatif bozulmasına neden olur. Balık yağlarında bulunan bu yağ asitlerinin neden olduğu bozulmalar, gıda ürünlerindeki uygulamaların sınırlanmasına ve ürünün dokusunu, tadını, aromasını, rengini ve raf ömrünü etkilemesine sebep olmaktadır (Jeyakumari ve ark., 2016). Gıda teknolojisindeki son gelişmeler, bozulmaya karşı son derece hassas olan ω -3 PUFA' ları oksidasyondan koruyan ve böylece kabul edilebilirliklerini ve raf ömürlerini uzatan yeni bir teknoloji ile ortaya çıkarmıştır. Mikroenkapsülasyon adı verilen bu teknoloji, balık yağları ve balık yağlarını oluşturan diğer aktif bileşenlerin (aroma bileşikleri ve vitaminler gibi) mikrokapsül oluşumunu sağlayan protein, polisakkarit ve selüloz gibi dış çeper malzemesiyle kaplayarak dış çevreye karşı korunmasına olanak sağlar. Böylece, özellikle balık yağının sebep olduğu, istenmeyen uçucu bileşiklerin buharlaşmasını azaltarak, çekirdek malzeme ile ilişkili hoş olmayan tatları maskeleye veya örtmeye yardımcı olur. Bu da fonksiyonel olarak balık yağı ile başka gıda maddelerinin zenginleştirilmesine olanak sağlar. Mikroenkapsülasyon yöntemi ile kaplanmış balık yağlarının gıda maddelerine eklenmesi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde çoğunlukla et ve ürünleri, süt ve ürünleri, unlu mamuller gibi gıdalar olduğu görülmektedir.

Bal, *Apis mellifera* arıları tarafından bitkilerin nektarlarından veya bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitkilerin canlı kısımlarındaki bitki emici

böceklerin salgılarından ürettikleri, kendilerine ait belirli maddelerle birleştirerek dönüştürdükleri doğal tatlı maddedir (Codex Standard, 2001; Direktif 2001/110/EC).

Bal kullanımının tarihi 200.000 yıldan daha eskilere dayanmaktadır. Kullanımına ilişkin en eski kanıt, 20. yüzyılda Cueva la Araña, Bicorp, Valensiya'da keşfedilen Levanten tarzına ait mağara resimlerinde bulunan Mezolitik Çağ'a (MÖ 9000 - MÖ 4000) aittir. Antik Mezopotamya'da Sümerler (M.Ö. 4100 – M.Ö. 1750) balı ilaç olarak kullanırken, Mısırlılar (M.Ö. 3200 – M.Ö. 31) yara bakımında kullanmışlardır. Antik Yunan'da (MÖ 1200 - 146C) balın, tanrıların yiyeceği olarak önemli bir yere sahip olduğu ve halk tarafından büyük miktarlarda tüketildiği belirtilmiştir (Barreiros ve ark., 2024).

Günümüzde, yaklaşık 300 farklı bal çeşidi mevcut olup bunlar dokularına, işlenişlerine ve nektar kaynaklarına göre gruplara ayrılmaktadır. Balda karbonhidrat, proteinler, mineraller, enzimler, aroma bileşikleri, amino asitler, vitaminler ve polifenoller dahil olmak üzere 180'den fazla tanımlanabilir molekül bulunmuştur. Bal bileşenleri antioksidan, antikanser, antibakteriyel, antiinflamatuvar, antidiyabetik ve yara iyileştirici aktivitelere sahiptir. Üstelik balın, solunum, kalp-damar, gastroenteroloji, kemik, yüz, saç, cilt ve ruh sağlığı gibi genel fiziksel uygunluk üzerinde sağlığı iyileştirici birçok etkisi vardır (Akanda ve ark., 2024).

İnsanoğluna hem ilaç hem de gıda olarak büyük fayda sağlayan ve doğal bir biyolojik ürün olan bal, dünyanın her ülkesinde tüketilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, Türkiye'de bal üretimi yaklaşık 115 bin ton olup, arılı kovan sayısı ise 9 milyonun üzerindedir (TÜİK, 2023). FAO' ya göre ise Türkiye, dünya bal üretiminde Çin'den sonra ikinci, koloni sayısı ve bal üretimi açısından Avrupa'da birinci, kişi başına günlük bal tüketiminde ise dünyada yedinci sırada yer almaktadır (FAO, 2019; NationMaster, 2023). Bunun yanında, Türkiye' nin tek başına dünya çam balı üretiminin %90'ını karşıladığı belirtilmektedir (Anonim, 2021a).

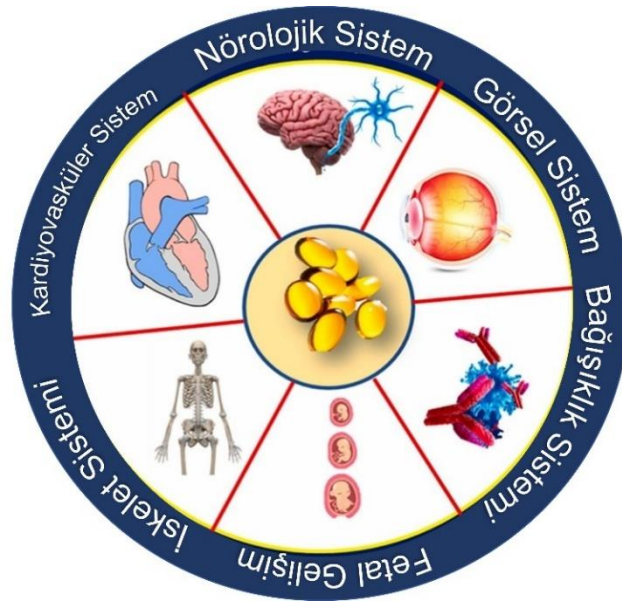
Bu araştırmada, insanların ihtiyaç duyduğu uzun zincirli ω -3 yağ asitlerinin tüketimini arttırabilmek için ticari olarak kapsül formunda satılan balık yağı, mikrokapsülasyon tekniği ile kaplanmış, besleyici ve koruyucu özelliği yüksek olan "bal" ile karıştırılmıştır. Balın içine mikroenkapsüle balık yağı eklenerek 5 farklı oranda EPA ve DHA miktarına sahip (80 mg EPA+DHA/ 100 g, 160 mg EPA+DHA/

100 g, 400 mg EPA+DHA/ 100 g, 750 mg EPA+DHA/ 100 g ve 1500 mg EPA+DHA/ 100 g) ballı karışım elde edilmiştir. Balık yağı ve mikroenkapsüle balık yağlarında mikroenkapsülasyon etkinliği (%), renk, nem ve lipit kalitesi belirlenmiştir. Mikroenkapsüle balık yağı eklenen bal karışımlarında ise duyuşal, fiziksel ve kimyasal kalite parametrelerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Böylece, fonksiyonel bir gıda olarak mikroenkapsüle balık yağı eklenen balın kalite parametreleri belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Balık Yağının İnsan Sağlığına Etkileri

Yaşam tarzı ve beslenme, tüm yaşam boyunca sağlığın korunması, sürdürülmesi ve çeşitli kronik hastalıkların önlenmesi bakımından oldukça önemlidir. Hem fiziksel hem de zihinsel olarak yeterli gelişim, büyük ölçüde doğru beslenmeye bağlıdır. Bu nedenle, beslenme çeşitli olmalı ve uygun miktarda protein, karbonhidrat, yağ, vitamin ve mineral içermelidir. Çoğunlukla yüksek enerjili bir kaynak olarak kullanılan yağlar beslenmenin önemli bir unsurudur. ω -3 PUFA' lar olan eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA)' nın yalnızca küçük miktarları insan metabolizması tarafından sentezlenir. Bu nedenle, ihtiyaç duyulan ω -3 PUFA' ların vücudun büyümesi, gelişmesi ve ergin bireylerin vücut fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için doğru beslenme ile olduğu kadar PUFA' larla zenginleştirilmiş gıdalar veya gıda takviyeleri ile ω -6 yağ asitlerinin etkilerini dengelemeye uygun miktarlarda dahil edilmeleri gerekir (Calder, 2015). Balık yağları, uzun zincirli ω -3 çoklu doymamış yağ asitleri (ω -3 PUFA) esas kaynağıdır. Algler, kabuklular ve balık gibi deniz ürünlerinin doğal bileşenleri olan balık yağlarının ω -3 PUFA' ları esas olarak EPA ve DHA' dan oluşmaktadır. EPA ve DHA, birçok hastalığın önlenmesi ve tedavisinde faydalı potansiyel araçlar olan çeşitli metabolitlerin öncüleridir (Jamshidi ve ark., 2020) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 İnsan Sağlığına Faydalı Bilinen ω -3 Yağ Asitleri (Karageorgou ve ark., 2023)

Son 20 yılda biriken kanıtlar, EPA ve DHA' nın kemik sağlığı için faydalı olduğunu belgelemiştir. ω -3 PUFA açısından zengin balık yağının menopoz sonrası, artrit ve yaşlandırılmış hayvan modellerinde kemik kaybını önlediğini gösterilmiştir. Balık yağı ve düşük ω -6/ ω -3 yağ asitleri oranının da büyüyen hayvanlarda kemik oluşumunu teşvik ettiği gösterilmiştir (Abou-Saleh ve ark., 2019).

2030 yılına gelindiğinde kalp ve damar hastalıklarının diğer hastalıkları geride bırakarak dünya çapında ölümlerin önde gelen nedeni olacağı öngörülmektedir. ω -3 yağ asitleri, özellikle EPA ve DHA açısından zengin balık veya diğer gıdaların yüksek miktarda alınmasının, kronik koroner kalp hastalığı gibi kardiyovasküler hastalık riskinin azalmasına neden olabileceği belirtilmiştir. Besinsel EPA ve DHA alımı ile farklı koroner kalp hastalıklarının sonuçları arasındaki ilişkiyi inceleyen 17 prospektif kohort araştırmasından elde edilen verilere göre, daha fazla EPA ve DHA tüketen bireylerin olumsuz bir kardiyovasküler olay yaşama riskinin %18' den daha düşük olduğu bulunmuştur. Amerikan Kalp Derneği, özellikle miyokard enfarktüsünü takiben koroner kalp hastalığı olan bireylere yönelik ω -3 yağ asitleri takviyesini önermektedir (Siscovick ve ark., 2017). Yüksek kardiyovasküler hastalık riski taşıyan hastalarda, ω -3 yağ asitleri takviyesinin, kronik kalp hastalığı mortalitesini azaltmak için oldukça umut verici ve güvenli bir terapötik yaklaşım sunduğu belirtilmektedir (Alexander ve ark., 2017; Karageorgou ve ark., 2023; Siscovick ve ark., 2017).

ω -3 yağ asitlerinin (ω 3-FA) kolon, pankreas, prostat ve meme kanserinden türetilen çeşitli insan kanser hücre dizilerinde büyümeyi azalttığı ve apoptozu indüklediği gösterilmiştir. Ek olarak, son bulgular ω 3-FA'nın kemoterapötik ajanlarla sinerjistik olarak etki ettiğini ve ayrıca tümör radyosensitivitesini arttırmak için kullanılabileceğini göstermektedir (Wendel ve Heller, 2009).

Hamilelik sırasında diyetle EPA ve DHA' nın desteklenmesi, fetal gelişim açısından birçok fayda sağlamaktadır. Doğum öncesi gelişim sırasında DHA eksikliğinin, bebeklerde görsel aktivitede azalma, serebellar fonksiyon bozukluğu, bilişsel bozukluk ve nörolojik bozuklukların olasılığını arttırdığı saptanmıştır (Amza ve ark., 2024). Yapılan bir çalışmada, hamilelikte ve emzirmenin ilk 3 ayında DHA açısından zengin deniz yağının çocukların uzun vadeli gelişimsel sonuçları üzerindeki etkisini değerlendirdi ve DHA bakımından zengin deniz yağı takviyesi alan annelerin

çocuklarının, DHA takviyesi almayan annelerin çocukları ile karşılaştırıldığında zihinsel işleme testinde daha yüksek puanlara sahip olduğu bulunmuştur (Makrides, 2009). Uluslararası Yağ Asitleri ve Lipitleri Araştırma Derneği tarafından, fetal veya yenidoğan sinir sisteminin sağlıklı gelişimini sağlamak için hamile ve emziren kadınların günde 300 mg DHA almaları önerilmektedir (Karageorgou ve ark., 2023).

ω -3 yağ asitlerinin (PUFA' ların) birçok hastalıkta inflamatuvar yanıt üzerinde olumlu etkileri olduğuna dair kanıtlar vardır (Arnold ve ark., 2017). Bağırsak mikrobiyotası genellikle beslenme uygulamaları, antibiyotik ve diğer ilaçların kullanımı, bireylerin yaşı ve çevresel faktörler gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Lipitler, bağırsak florasını modüle etmede önemli bir role sahiptir ve bağırsak geçirgenliğinde önemli bileşenlerdir. Endokannabinoidler, kısa zincirli yağ asitleri (SCFA' lar) ve ω -3 yağ asitleri mikrobiyotanın modülasyonu ile bağlantılı biyoaktif lipitlerin örnekleridir. EPA ve DHA, İnflamatuvar Bağırsak Hastalığı (IBD), ülseratif kolit ve Crohn hastalığını içeren gastrointestinal sistemin kronik inflamatuvar hastalığı için kullanılan genel bir terimdir. Hayvan modellerini kullanan çalışmalar, omega-3 yağ asitlerinin indüklenen IBD' ye karşı koruyucu etkilerine dair güçlü kanıtlar sağlamıştır. Benzer şekilde, ω -6/ ω -3 oranı düşük olan bireylerin Crohn hastalığına yakalanma olasılığının da %21 daha az olduğu saptanmıştır (Khawar Balwan ve ark., 2021).

İnsan sinir sistemi, yağ dokusu hariç diğer tüm dokularla karşılaştırıldığında en yüksek lipit içeriğine sahiptir. Yetişkin insanın toplam kuru ağırlığının %50-60'ı lipid ve üçte biri çoğunlukla DHA olan ω -3 PUFA' lardan oluşmaktadır. Kanada Hükümeti DHA'nın beyin, göz ve sinirlerin normal gelişimini destekleyen biyolojik bir role sahip olduğunu bildirmiştir. ω -3 PUFA'ların, miyelin kılıflarının güçlendirilmesinde oynadıkları önemli rolden dolayı beyin hücrelerinde membran güçlendirme yeteneklerine sahip olduğu bilinmektedir ve aynı zamanda nöronal büyümeyi teşvik ederek beyin hasarının onarılmasında da faydalı bulunmuştur (von Schacky, 2021).

Çoklu doymamış yağ asitlerinden DHA, bu yağ asidinin %65'e kadarının bulunduğu retinal fotoreseptörlerdeki kortikal gri madde ve hücre zarlarının önemli bir yapısal bileşenini oluşturur. Fotoreseptörlerde DHA, membran kalınlığını ve geçirgenliğini değiştirir. DHA, ışık farklılıklarına yanıt vermekten sorumlu ana

pigment olan rodopsin yoluyla sinyalleşmeyi, ayrıca membrana bağlı proteinler tarafından başlatılan rodopsin ve hücre içi sinyalleşme basamaklarının yenilenmesini etkiler. Yüksek doymamışlık derecesi nedeniyle DHA, ışık sinyallerinin verimli bir şekilde iletilmesini sağlar. ω -3 lipitleri kuru göz hastalığını hafifletir ve yaşa bağlı makula dejenerasyonunu önler. ω -3: ω -6 oranı göz hastalıklarında son derece önemli bir faktördür (Karageorgou ve ark., 2023).

ω -3 yağ asitleri açısından zengin yağlı balıkların tüketiminin, lipid inflamatuvar araçların dengesini ayarladığı ve dolayısıyla inflamatuvar cilt bozukluklarının tedavisinde önemli olduğu belirtilmektedir. UV ışığına aşırı maruz kalma, birçok istenmeyen cilt değişikliğine sebep olur ve melanom dışı cilt kanseri olasılığını da artırır. Çalışmalar, omega-3 PUFA'larla yapılan diyet takviyesinin, UV ışınımının neden olduğu hasara karşı etkili olarak foto koruma sağladığını göstermiştir (Yang ve ark., 2020).

2.2 Balık Yağının Tüketim Önerileri

Dünya çapında çeşitli kuruluşlar, sağlıklı kalmak için ve birçok hastalığın engellenmesinde EPA ve DHA miktarları önermişlerdir. Ayrıca hamile kadınlar, bebekler ve vejetaryenler/veganlar için DHA alımına ilişkin önerilerde bulunulmuştur (Kris-Etherton ve ark., 2009). Dünya çapında çeşitli kuruluşların ve bazı ülkelerin EPA ve DHA önerileri Çizelge 2.1 de özetlenmiştir (Richter ve ark., 2016).

Çizelge 2.1 Dünya Çapında Çeşitli Kuruluşların ve Bazı Ülkelerin EPA ve DHA Önerileri (Richter ve ark., 2016)

Ülke / bölge	Yetkili	Hedef	Tavsiye
Küresel	FAO/WHO Uzman Danışmanlığı	Sağlıklı yetişkinler	Günde 250 mg EPA + DHA
		Hamile/emziren kadınlar	300 mg EPA + DHA günde en az 200 mg DHA ile
	Uluslararası Yağ Asitleri ve Lipidleri Çalışma Topluluğu	Sağlıklı yetişkinlerde koroner kalp hastalığı riskini azaltmak	Günlük minimum 500 mg EPA + DHA
	Perinatal Lipid Alımı Çalışma Grubu	Hamile ve emziren kadınlar	Günde en az 200 mg DHA
Haftada 1-2 porsiyon yağlı balıklar da dahil olmak üzere deniz balığı			
Avrupa	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi	Sağlıklı yetişkinler	Günde 250 mg EPA + DHA Haftada 1-2 yağlı balık
		Gebelik ve emzirme dönemi	Genel olarak günde 250 mg EPA + DHA tavsiyesi artı günde ek 100 mg DHA
Amerika Birleşik Devletleri	Amerikan Kalp Derneği	Sağlıklı yetişkinler	Günde 500 mg EPA + DHA Haftada en az iki adet yaklaşık 100 g lık porsiyon (tercihen yağlı) balık
		İkincil koroner kalp hastalığı önleme	Günde 1 gr EPA + DHA
		Hipertrigliseridemi tedavisi	Günde 2-4 gr EPA + DHA
		Hamile/emziren kadınlar	Haftada cıva oranı düşük çeşitli balıklardan yaklaşık 350 g kadar (köpek balığı, kılıç balığı, uskumru ve kiremit balığından kaçının; albacore "beyaz" ton balığının tüketimini haftada 170 g ile sınırlayın)
	Amerikalılar İçin Beslenme Rehberi ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı	Yetişkinlerin genel sağlık durumu	Haftada en az 227 g deniz ürünü (ortalama 250 mg/gün EPA+DHA)

Çizelge 2.1' in devamı. Dünya Çapında Çeşitli Kuruluşların ve Bazı Ülkelerin EPA ve DHA Önerileri (Richter ve ark., 2016)

	Tarım Bakanlığı. Amerikalılar İçin Beslenme Rehberi		Haftada en az 227 g ve en fazla 350 g olmak üzere düşük civa içeren çeşitli deniz ürünleri
	Amerikalılar için Beslenme Yönergeleri Danışma Komitesi Raporunun yerini alan yeni 2015 Beslenme Yönergeleri	Hamile/emziren kadınlar	
	Beslenme ve Diyetetik Akademisi	Genel yetişkin	Günde en az 500 mg EPA + DHA sağlamak için haftada iki veya daha fazla porsiyon yağlı balık
	Ulusal Lipid Derneği	Hipertrigliseridemi tedavisi	2-4 g/gün uzun zincirli ω-3 yağ asitleri
Birleşik Krallık	NICE (Ulusal Sağlık ve Bakım Mükemmelliği Enstitüsü, 2014)	İkincil korunma ve/veya kardiyovasküler hastalık riski yüksek olan kişiler	Haftada en az iki porsiyon balık, buna yağlı balık porsiyonu da dahil
Avustralya ve Yeni Zelanda	Avustralya Ulusal Kalp Vakfı	Yetişkinler	Haftada 2-3 porsiyon balık (yağlı balıklar dahil) (günde 250-500 mg EPA + DHA)
		İkincil kroner kalp hastalığı önleme	Günde 1000 mg EPA + DHA
		Hipertrigliseridemi tedavisi	Başlangıç dozu günde 1200 mg EPA + DHA olup, TG hedefine ulaşılana kadar günde 4000 mg'a kadar artırılır
	Avustralya ve Yeni Zelanda Ulusal Sağlık ve Tıbbi Araştırma Konseyi Avustralya Ulusal Sağlık ve Tıbbi Araştırma Konseyi	Kronik hastalık riskini azaltmak	Erkekler için günde 610 mg, kadınlar için günde 430 mg EPA + DPA + DHA kombine alımı
Hollanda	Hollanda Sağlık Konseyi	Yetişkinlerin genel sağlık durumu	Balıklarda günde 200 mg ω-3 yağ asidi
Fransa	Fransız Gıda Güvenliği Ajansı	Yetişkinlerin genel sağlık durumu	Günde 250 mg DHA ve günde 250 mg EPA, günde 500 mg EPA + DHA'nın kombine alımı için

Çizelge 2.1' in devamı. Dünya Çapında Çeşitli Kuruluşların ve Bazı Ülkelerin EPA ve DHA Önerileri (Richter ve ark., 2016)

Kanada	Kanada Diyetisyenleri	Yetişkinlerin genel sağlık durumu	Haftada iki porsiyon balık, tercihen yağlı balık
			Haftada yaklaşık 227 g pişmiş balık (günde yaklaşık 500 mg EPA ve DHA)
Japonya	Japonya Sağlık Bakanlığı	Yaşam tarzıyla ilişkili hastalıkların önlenmesi	Günde 1 gr'dan fazla EPA ve DHA (alt sınır; üst sınır belirlenmedi)

Hastanelere, kantinlere ve benzeri toplu yemek şirketlerine tedarik edilmesi amaçlanan, beslenme ve sağlık beyanları taşıyan gıdalar da dahil olmak üzere, nihai tüketiciye yönelik her türlü önceden paketlenmiş gıda için geçerli olan 1924/2006 Sayılı Avrupa Yönetmeliği (EC)' nde, "Omega-3 yağ asitlerinin kaynağı" içeren gıdalar için "Bir gıdanın ω -3 yağ asitleri kaynağı olduğu iddiası ve tüketici açısından aynı anlama gelebilecek herhangi bir iddia, yalnızca ürünün 100 g veya kcal başına en az 0,3 g α -linolenik asit içermesi veya 100 g ve 100 kcal başına EPA ve DHA toplamının en az 40 mg olduğu durumlarda yapılabilir" tanımı yapılmıştır. Aynı yönetmelik, "Yüksek omega-3 yağ asitleri" için, bir gıdanın ω -3 yağ asitleri açısından yüksek olduğu iddiası ve tüketici açısından aynı anlama gelebilecek herhangi bir iddia, yalnızca ürünün 100 g ve 100 kcal başına en az 0,6 g α -linolenik asit veya 100 g ve 100 kcal başına EPA ve DHA toplamının en az 80 mg içermesi durumunda yapılabilir." tanımını kullanmıştır (Kohler, 2010).

20/4/2021 tarihli Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği' nde ω -3 yağ asitleri içeren ürünlere ait etiketleme bilgilerinin nasıl olabileceği Çizelge-2.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği Hakkında Kılavuz (Türk Gıda Kodeksi, 2021).

	- 100 g ve 100 kcal gıdadaki alfa-linolenik asit (ALA) miktarının en az 0,3 g olması gerekir veya,
Kaynak/İçerir/...ilaveli	- 100 g ve 100 kcal gıdadaki eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) miktarları toplamının en az 40 mg olması gerekir.
Omega 3 yağ asitleri	- 100 g ve 100 kcal gıdadaki alfa-linolenik asit (ALA) miktarının en az 0,6 g olması gerekir veya,
Yüksek ⁵	- 100 g ve 100 kcal gıdadaki eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) miktarları toplamının en az 80 mg olması gerekir.

⁵⁾ Yüksek ifadesi yerine 'bol' ifadesi kullanılabilir.

2.3 Balın Kimyasal Bileşimi

Avrupa Birliği Konseyi'nin de belirlediği tanıma göre, “Bal, *Apis mellifera* arıları tarafından, bitki nektarından veya bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya arıların topladığı bitki yiyen böceklerin bitkilerin canlı kısımları üzerindeki dışkılarından üretilen doğal tatlı maddedir ve kendilerine özgü belirli maddelerle birleşerek dönüşür, biriktirir, kurutur, depolar ve olgunlaşması için peteklerde bırakır” (Direktif 2001/110/EC).

Bal, yüzyıllardır gıda olarak ve doğal ilaç olarak kullanılmış, birçok eski kültürde doktorlar tarafından çok çeşitli rahatsızlıkların tedavisi için reçete edilmiş, çok değerli bir koruyucu, sağlık ve tıbbi üründür. Günümüzde bazı hastalıkların önlenmesine katkıda bulunan antioksidan içeriği nedeniyle fonksiyonel gıda olarak sınıflandırılmaktadır (Battino ve ark., 2019). Kimyasal açıdan bakıldığında bal, esas olarak şeker ve suyun yanı sıra mineraller, vitaminler, amino asitler, organik asitler, flavonoidler ve diğer fenolik bileşikler ve aromatik maddeler gibi küçük bileşenlerden oluşan doğal bir gıda olarak tanımlanabilir. Bal karmaşık bir karışımdır ve coğrafi ve botanik kökeni, çiçek kökenine bağlı temel özellikleri veya arılar tarafından toplanan nektar nedeniyle bileşim ve özellikler açısından çok büyük farklılıklar gösterir

(Ashagrie Tafere, 2021). Balın 100 g başına genel kimyasal bileşimi Çizelge 2.3.' de gösterilmiştir.

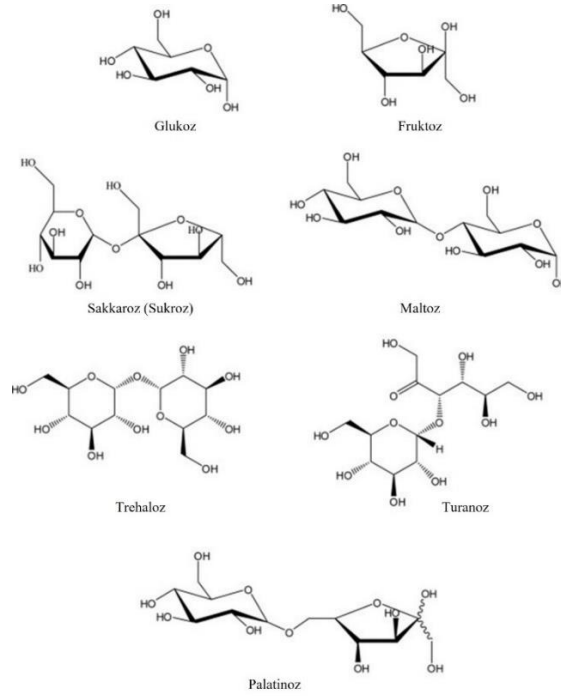
Çizelge 2.3 100 g Başına Balın Genel Kimyasal Bileşimi (Terzo ve ark., 2020).

Besinler	Birim	Besinler	Birim		
Su	g	17.1	Vitaminler		
Toplam Şeker	g	79.7	Tokoferol (E)	mg	0.06
Monosakkaritler			Vitamin K	µg	1.6
Fruktoz	g	38.2	Vitamin C	mg	2.5
Glukoz	g	31.3	Tiamin (B1)	mg	0.01
Disakkaritler			Riboflavin (B2)	mg	0.01
Sukroz	g	0.7	Niasin (B3)	mg	0.15
Diğerleri	g	5.0	Piridoksin (B6)	mg	0.2
Trisakkaritler			Pantotenik asit	mg	0.08
Melezitoz	g	<0.1	Fenolik Asitler		
Erloz	g	0.8	Vanillik asit	µg	0.4
Diğerleri	g	0.5	Kafeik asit	µg	0.15
Belirsiz Oligosakkaritler	g	3.1	Şiringik asit	µg	0.6
Proteinler, amino asitler	g	0.3	p-Kumarik asit	µg	5.4
Yağlar	g	0.02	Ferulik asit	µg	122.6
Organik Asitler	g	0.57	Ellagik asit	µg	4.42
Serbest asitler (glukonik asit gibi)	g	0.43	3-hydroxybenzoic	µg	0.11
Lakton (glukolakton olarak)	g	0.14	Klorojenik asit	µg	0.15
Toplam Mineraller	g	0.2	Gallik asit	µg	0.38
Potasyum, K	mg	52	Genistik asit	µg	0.13
Sodyum, Na	mg	10	Flavonoidler		
İyot, I	mg	10	Apigenin	µg	0.8
Kalsiyum, Ca	mg	6	Kaempferol	µg	0.53

Çizelge 2.3'ün devamı. 100 g Başına Balın Genel Kimyasal Bileşimi (Terzo ve ark., 2020).

Fosfor, P	mg	4	Quercetin	µg	0.5
Magnezyum, Mg	mg	2.0	Rutin	µg	0.5
Flor, F	mg	1.07	Naringin	µg	0.3
Manganez, Mn	mg	0.5	Naringenin	µg	0.2
Demir, Fe	mg	0.42	Myricetin	µg	0.2
Bakır, Cu	mg	0.3	Quercitrin	µg	0.1
Çinko, Zn	mg	0.22	Galangin	µg	0.04
Selenyum, Se	mg	0.02	Hesperidin	µg	0.03

Balın kuru ağırlığının yaklaşık %95'ini oluşturan ana bileşenler karbonhidratlardır. Balın bileşimindeki karbonhidratlar esas olarak fruktoz ve glikozdur (monosakkaritler) fakat aynı zamanda sukroz, maltoz, trehaloz, turanoz, 1-kestoz, 6-kestoz, palatinoz ve benzeri gibi birkaç oligosakkarit de içerir (Şekil 2.2) (Bogdanov ve ark., 1999; Ilia ve ark., 2021).



Şekil.2.2 Balın Bileşimindeki Fruktoz ve Glikoz İle Bazı Oligosakkaritlerin (Sakkaroz, Maltoz, Trehaloz, Turanoz ve Palatinoz) Yapıları (Ilia ve ark., 2021)

Proteinler ve aminoasitler (AA) nektarda, tatlı özsuda veya arıların salgılarında bulunur; baldaki AA'lerin ve proteinlerin ana kaynağı arı polenidir. Ayrıca, invertaz, diastaz, glukoz oksidaz, katalaz, peroksidaz ve asit fosfataz gibi enzimler başta olmak üzere proteinler mevcut olup içerikleri bal türüne göre %0,1 ila %3,3 arasında değişmektedir. Balda en çok bulunan amino asit olan prolin, bal bileşenlerinin %1'inden esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitlerden sorumludur. Aslında baldaki AA içeriği, balın botanik kökenini belirlemek için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Toplam serbest aminoasitlerin (FAA) %50'sinden fazlasını temsil ettiğinden prolinin ballarda baskın FAA olduğu belirtilmelidir. Ayrıca balın prolin içeriği bir kalite faktörü ve olgunlaşma göstergesi olup bazı durumlarda tağşişin tespitine olanak sağlar (Cebrero ve ark., 2020; Fröschle ve ark., 2018).

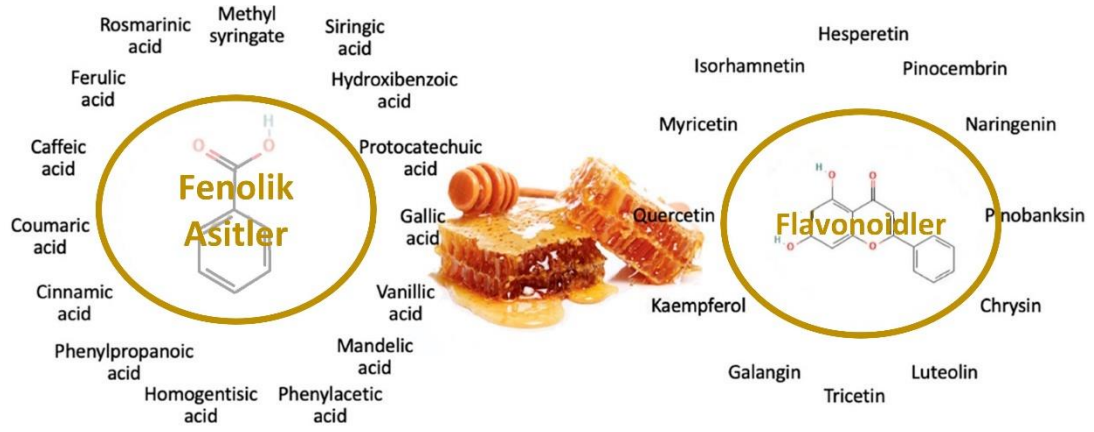
Vitaminler biyolojik olarak aktif ve çeşitli moleküler yapıya sahip karmaşık organik maddelerdir. Bal, tokoferol (E), antihemorajik vitamin (K), askorbik asit (C), tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3), pantotenik asit (B5), az miktarda piridoksin (B6) vitamini içerir. B vitaminleri ve C vitamini esas olarak polenden tür ve filtrasyon veya çözünme reaksiyonları gibi ticari ve endüstriyel işlemlerden etkilenebilirler (Valverde ve ark., 2022).

Antidiyabetik, antimikrobiyal ve antioksidan gibi sağlığı geliştiren bazı özelliklere sahip olan baldaki birçok organik asit, mikrobiyal metabolizmanın metabolik ara ürünleri veya son ürünleridir ve fermente gıdalarda büyük miktarlarda bulunur. Baldaki organik asitlerin belirlenmesi yalnızca biyoaktiviteleriyle doğrulanmaz; balın orijinalliğinin ve dolayısıyla tağşiş/sahtekarlığın göstergeleri olarak kabul edilebilirler. Bal, içerdiği yaklaşık %0,57 organik asitlerden dolayı hafif bir asit reaksiyonuna sahiptir. Asitler balın aromasına ve antimikrobiyal aktivitesine katkıda bulunur. Baldaki baskın asit glukonik asit olup bunu aspartik, sitrik, asetik, formik, fumarik, galakturonik, malonik, asetoglutarik, glutamik, bütirik, glutarik, propiyonik, piruvik, glioksilik, 2-hidroksibütirik, α -hidroksiglutarik, izositrik, laktik, malik, metilmalonik, kinik, süksinik, tartarik, oksalik asit takip eder (Seraglio ve ark., 2021).

Mineraller, balda botanik kökenine bağlı olarak %0,04 ile %0,20 arasında düşük oranlarda bulunmaktadır. Bu bileşiklerin bazıları, homeostazın sürdürülmesi ve

hücre koruması için temel olduklarından insan sağlığı için çeşitli faydalı işlevlere sahiptir. Potasyum en bol bulunan elementtir. Ancak balda bulunan ana biyoaktif moleküller polifenollerle temsil edilir (Ares ve ark., 2018; Karabagias ve ark., 2017; Valverde ve ark., 2022).

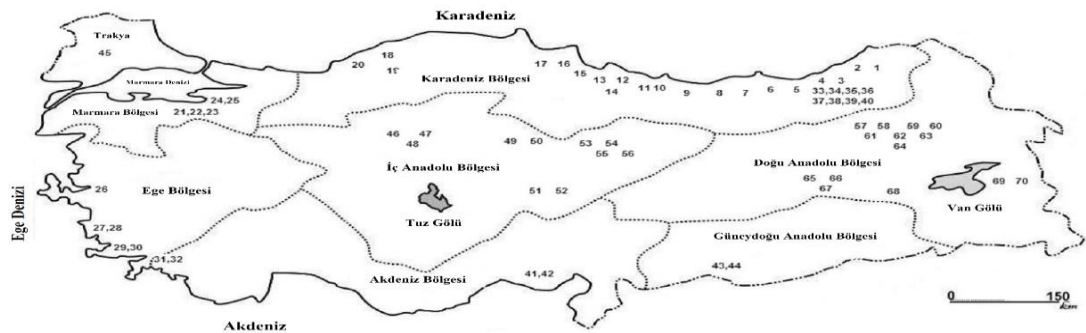
Polifenoller, flavonoidlere (flavonoller, flavonlar, flavanonlar, antosiyanin, kalkonlar ve izoflavonlar) ve flavonoid olmayanlara (fenolik asitler) bölünebilen heterojen bir kimyasal bileşik sınıfıdır. Baldaki polifenolik bileşiklerin profili kapsamlı bir şekilde incelenmiştir ve vanilik, kafeik, siringik, p-kumarik, ferulik, ellagik, 3-hidroksibenzoik, klorojenik, genistik, gallik ve benzoik asitler gibi farklı fenolik asitleri ve başlıca kersetin, kaempferol, mirisetin, krisin, galangin, hesperetin gibi farklı flavonoidleri içerir. Polifenollerin miktarı ve türü büyük ölçüde çiçek kaynağına veya bal çeşidine bağlıdır. Antioksidan aktivite ile toplam fenolik içerik arasında güçlü bir korelasyon kurulmuştur. Özellikle, İtalyan balında fenolik asitlerin içeriği birkaç taneden (klorojenik, p-kumarik ve ferulik asit) onlarca mg/kg'a (gallik asit 12-53 mg/kg) kadar değişmektedir. Sırp ballarında p-kumarik asit baskındır (9,97 mg/kg'a kadar), bunu ellagik asit (0,28-8,48 mg/kg) takip eder ve diğer fenolik asitler yaklaşık 1 mg/kg'a kadar miktarlarda temsil edilir. Malezya ballarının farklı türlerinde fenolik içerik 15 ila 42 mg/kg arasında değişirken flavonoid içeriği 11,5 ila 25 mg/kg arasında değişmektedir (Cianciosi ve ark., 2018; Mato ve ark., 2006; Miguel ve ark., 2017; Terzo ve ark., 2020). Gültekin Bilgin ve ark., (2022), tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye' nin farklı bölgelerinden toplanan balların toplam fenolik içerikleri 4,72- 24,027 mg GA Eq/100 gr arasında bulunmuştur. Araştırmacılar en yüksek fenolik içeriğini Ege Bölgesi balında tespit ederken en yüksek flavonoid içeriğini ise Akdeniz Bölgesi balında tespit etmişlerdir. Ayrıca, Türkiye'nin 4 farklı coğrafi bölgesinden gelen bal örneklerinin toplam fenolik içeriklerinin sırasıyla Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz balına doğru artış gösterdiğini saptamışlardır.



Şekil 2.3 Balda Karakterize Edilen Fenolik Bileşikler (Palma-Morales ve ark., 2023).

Birçok gıdada olduğu gibi bal da fonksiyonel içerikleri olan diğer gıdalarla zenginleştirilmeye çalışılmıştır. Çünkü zaten doğal ve besleyici bir içeriğe sahip olan bal, içermediği diğer fonksiyonel bileşenlerle zenginleştirilmiş, fonksiyonel kompozisyonu ve sağlığa faydaları daha da artırılmıştır (Kadri ve ark., 2017). Piyasada propolis, polen, arı ekmeği veya arı sütü gibi arı ürünlerinin eklenmesiyle oluşturulan fonksiyonel özelliğe sahip birçok ürün bulunmaktadır (Guldas ve ark., 2022).

Şenyuva ve ark., (2009) Türkiye'nin 15 farklı coğrafi bölgesinden 9 farklı çiçek türünden (ormangülü, kestane, tatlı özsu, Anzer (*Timus spp.*), okaliptüs, gossypium, narenciye, ayçiçeği ve multifloral) 70 otantik bal örneğinin kimyasal bileşimleri ve indikatörleri açısından analiz etmişlerdir. Çalışmada toplanan bal örneklerinin coğrafi dağılımını gösteren Türkiye haritası Şekil 2.4 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Bal Örneklerinin Coğrafi Dağılımını Gösteren Türkiye Haritası. Ormangülü Örnek Sayıları, 1–20; Kestane Örnek Sayıları, 21–26; Tatlı Özsu Örnek Sayıları, 27–32; Anzer Örnek Sayıları, 33–40; Okaliptüs Örnek Numaraları, 41 ve 42; Gossypium Örnek Numaraları, 43 ve 44; Ayçiçeği Numune Numarası, 45; ve Çok Çiçekli Örnek Sayıları, 46–70.

Çalışmada, kimyasal bileşimi karakterize etmek için serbest amino asitlerin, oligosakkaritlerin ve uçucu bileşenlerin profilleri ile su aktivitesi belirlenmiştir. Ayrıca, bal sedimentinin mikroskobik analizi (melissopalnoloji), botanik kökenini doğrulayacak niteliksel göstergeler sağlamak amacıyla poleni tanımlamak ve saymak için gerçekleştirilmiştir. Bazı amino asitler arıların kendisinden türetilir ve birçok balda ortaktır, diğerleri ise polenden kaynaklanır ve dolayısıyla çiçek tipinin daha karakteristik özelliğidir. Bu çalışmada 70 bal örneğinin tamamında 22 serbest amino asit tespit edilmiştir. Amino asitlerin ortalama seviyeleri (mg/100 g) Anzer > kestane > okaliptüs > ormangülü > tatlı özsu > gossypium içerik sırasına göre olmuştur. Toplamda, bu numunelerde yaklaşık 350 ayrı uçucu maddenin meydana geldiği tespit edilmiştir, ancak bazıları botanik kökene bakılmaksızın yaygın olarak bulunurken, 61 numunenin tamamında herhangi bir uçucu maddenin meydana gelmediği tespit edilmiştir.

Sıcak ve ark., (2021) tarafından, Muğla Arıcılar Birliği' den 2016 yılında temin edilen çam ve kekik ballarının kimyasal içerikleri ve tıbbi aktivite özellikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, çam balında klorojenik asit, siringik asit, protokatekuik asit, fumarik asit, sinamik asit, vanilik asit, gentisik asit, salisilik asit ve 4-hidroksibenzoik asit yüksek miktarda, kekik balında ise daha az miktarda bulunmuştur. Çam balı ekstraktları ve kekik balının etil asetat ekstraktı, 5-florourasil ile karşılaştırıldığında prostat kanseri ve beyin tümörü kanser hücre hatlarına karşı önemli antiproliferatif aktivite sergilemiştir. Çam ve kekik balının etil asetat ekstraktları, tüm testlerde BHT (bütillenmiş hidroksitoluen) ve α -TOC'den (α - tokoferol) daha temel ve daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Üstelik çam balı ekstraktlarının kekiğe göre daha aktif olduğu görülmüştür.

2.4 Balın İnsan Sağlığına Etkileri

Tüketicilerin gıdaların sağlık yararlarına olan vurgusunun artması, probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotikler gibi sağlığı teşvik eden unsurlara yönelik araştırma odağını da arttırmıştır. Sindirilmeyen oligosakkaritler, bağırsak mikrobiyal dengesini probiyotik laktobasiller ve bifidobakteriler lehine seçici olarak modüle etmek ve böylece konakçının metabolik fonksiyonunu iyileştirmek için fermente edilebilir prebiyotik substratlar olarak sağlanır. Bal, prebiyotik etkiyi destekleyen faydalı metabolitler elde etmek için kullanılabilen oligosakkaritleri içerir. Balın

antimikrobiyal bileşenleri ve sağlık üzerindeki etkileri üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır ve birçoğu Manuka balı gibi çeşitlerin benzersiz antibakteriyel aktivitesine odaklanmıştır. Ancak baldaki bakterisidal ve bakteriyostatik faktörlerin probiyotiklerle sinerjistik olarak çalışma olasılığı literatürde henüz yeterince araştırılmamıştır (Mohan ve ark., 2017).

Oksidatif stres, obeziteye bağlı bozuklukların patogeneğinde önemli bir rol oynamaktadır. Çeşitli çalışmalar, adipogenez ile diyabet gelişimiyle sonuçlanabilecek artan reaktif oksijen türleri (ROS) seviyeleri arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermiştir (Mehta ve ark., 2018; Erejuwa ve ark., 2010). Antioksidanlar serbest radikallere bir elektron bağışlayabilen moleküllerdir. Bu şekilde, nükleik asitler, proteinler ve lipitler gibi hücrelere ve biyomoleküllere zarar veren serbest radikal yeteneğini nötralize eder, azaltır veya ortadan kaldırır (Pasupuleti ve ark., 2020). Balın antioksidan özelliklerinden sorumlu ana bileşenleri polifenoller (fenolik asitler ve flavonoidler), C vitamini, E vitamini, enzimler (örn. katalaz, peroksidaz) ve eser elementlerdir. Bu nedenle bal, tek başına veya geleneksel tedaviyle kombinasyon halinde uygulandığında, genellikle oksidatif stresle ilişkili kronik hastalıkların tedavisinde yararlı olabilir. Birçok çalışma balın oksidatif stres kaynaklı patolojik durumları önleyebileceğini bildirmiştir. In vitro analizler, balın serbest radikalleri, peroksil radikallerini, nitrik oksidi temizlemenin yanı sıra ferrik katyonları azaltabildiğini, metal iyonlarını şelatlayabildiğini ve lipit peroksidasyonunu ve β -karoten ağartmasını inhibe edebildiğini göstermiştir. Ayrıca in vivo çalışmalar balın, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz ve glutatyon S-transferaz ve indirgenmiş glutatyon düzeyleri gibi hücresel antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak kemirgen dokularındaki (pankreas, kan, böbrek ve karaciğer) antioksidan savunma sistemini uyarabildiğini ortaya çıkarmıştır. Balın koruyucu antioksidan etkisi pankreas ve karaciğerde de gösterilmiştir (Omotayo ve ark., 2010). Bal takviyesi ayrıca yüksek malondialdehit (MDA) seviyelerini önemli ölçüde azaltmış ve diyabetik sıçanların pankreasında veya genellikle hepatik oksidatif stres ROS ve inflamasyon oluşumunun artmasıyla ilişkili tıkanma sarılığı olan sıçanların karaciğerinde SOD ve CAT aktivitelerini eski haline getirmiştir. İlginç bir şekilde balın faydalı antioksidan etkileri sporcularda da değerlendirilmiştir. Bisiklet ergometresinde kısa ama yoğun bir egzersize tabi tutulan serum sağlıklı gönüllülerde

belirlenen MDA düzeyi, kontrol grubuna göre bal tüketimiyle (1, 2 veya 3 hafta boyunca günde 1 g/kg vücut ağırlığı) önemli ölçüde azalmıştır. Sağlıklı yetişkin insanlarda, plazma toplam fenolik içeriği, plazma antioksidan ve azaltma kapasitelerine benzer şekilde önemli ölçüde artmış, bu da bal fenolik antioksidanlarının biyolojik olarak kullanılabilir olduğu hipotezini desteklemiştir (Tartibian ve Maleki, 2012).

İnflamasyon; kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, artrit ve nörodejeneratif hastalıklar gibi tedavisi büyük zorluklar içeren kronik hastalıkların gelişiminde ana anahtar rol oynar. İnflamasyonla ilişkili hastalıkların önlenmesinde beslenme modülasyonunun oynadığı rolün ikna edici kanıtlarıyla birlikte, tedavi edici ve önleyici etkileri olan doğal fonksiyonel gıdalara yönelik araştırmalara artan bir ilgi vardır. Besleyici ve sağlıklı bir ürün olan bal, esas olarak iki tür arı tarafından üretilir: bal arısı ve iğnesiz arı. Her iki bal türü de kendine özgü fenolik ve flavonoid bileşiklere sahip olduğundan, son zamanlarda inflamasyonun aracılık ettiği kronik hastalıklara karşı biyolojik ve klinik etkilerine yoğun bir ilgi duyulmaktadır (Schieber ve Chandel, 2014).

Bal, antiinflamatuvar aktiviteye sahip olduğundan özellikle balın diğer sağlıklı besinlerle karıştırılması durumunda metabolik ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesine olumlu katkı sağlayabilir. 30 gün boyunca doğal bal tüketen 38 hasta ve 17 sağlıklı denek üzerinde yapılan bir araştırmada, balın kardiyovasküler risk faktörlerini iyileştirdiği saptanmıştır (Yaghoobi ve ark., 2008). Çalışmada, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, günlük 70 gram bal alımının toplam kolesterolü, düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolü (LDL-C), trigliseridi, açlık kan şekerini ve C-reaktif proteini (CRP) düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca, deney grubu ve kontrol grubu karşılaştırıldığında vücut ağırlığında ve yağda hafif bir azalma kaydedilmiştir (Ranneh ve ark., 2021).

Obezite dünya çapında kritik derecede yaygın hale gelen metabolik bir hastalıktır. Balın obeziteye karşı koruyucu etkileri çeşitli deneysel çalışmalarda rapor edilmiştir. Samat ve ark., (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Malezya balının aşırı kilo alımı ve obezite ile ilişkili diğer parametreleri azaltmadaki etkinliği, yüksek yağlı diyetin neden olduğu obeziteye sahip sıçanlarda araştırılmıştır. Çalışmanın

sonucunda, bal ile beslenen sıçanlarda aşırı kilo alımında ve yağlanma indeksinde önemli azalmalar ve lipit metabolizmasında iyileşme gözlemlenmiştir. Hayvan çalışmalarının çoğu, daha düşük vücut ağırlığı, vücut ağırlığı artış yüzdesi ve vücut kitle indeksi (BMI) ile kanıtlandığı üzere balın kilo azaltıcı özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Bal tüketiminin aynı zamanda kalp, akciğer ve karaciğer gibi iç organların ağırlığını da azalttığı bulunmuştur. Balın obezite karşıtı etkisinin büyük olasılıkla antioksidan ve antiinflamatuvar aktivitelere sahip olan fenolik asitler ve flavonoid içeriklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Ugusman ve ark., 2022).

Diyabetik hastalarda balın dekstrana kıyasla plazma glukoz konsantrasyonunu önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (Terzo ve ark., 2020). Bununla birlikte, insanlar üzerinde yapılan çalışmaların çoğunda balın hiperglisemi üzerindeki akut etkileri analiz edilmiş ve balın yemek sonrası hiperglisemiyi belirgin şekilde azalttığı gösterilmiştir. 20 sağlıklı gönüllüde farklı monofloral Türk ballarının glisemik indeksi belirlenmesi ile ilgili çalışmada, narenciye ve kekik ballarının düşük glisemik indekse sahip olduğu, kestane balı tüketiminden sonra serum insülin seviyelerinin önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur (Atayoğlu ve ark., 2016).

Yüksek tansiyon, sistolik kan basıncının 140 mmHg'den, diyastolik kan basıncının ise 90 mmHg'den fazla olması durumudur. Bal, geleneksel olarak kan basıncını düşürdüğüne inanılan fonksiyonel gıdalardan biridir. Kharisma ve ark., (2023) 'nın yapmış olduğu bir araştırmada, 7 gün boyunca sabah ve akşam 20 ml bal uygulanan yaşlılarda kan basıncında azalma olduğu, değerlerin 158/95 mmHg'den 138/90 mmHg'ye düştüğünü bulunmuştur (Aprillia ve ark., 2024).

Bir pilot çalışmada 2000'den fazla sağlıklı deneğe 5 yıl boyunca günde bir çorba kaşığı bal veya plasebo verilmiş ve her 6 ayda bir demans açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bal alan bireylerin bilişsel gerilemeyi önleyici özelliklerini desteklediğini göstermiştir (Al-Himyari, 2009). Othman ve ark., (2011)'nin yaptıkları bir çalışmada ise, östrojen konsantrasyonları azalmış menopoz sonrası kadınların, 16 hafta boyunca günlük 20 mg bal takviyesi sonrasında anlık hafızalarında iyileşme gösterdiği bulunmuştur. Polifenollerin Alzheimer Hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıklardan sorumlu olan yanlış katlanmış proteinlerin patolojik birikimini önlediği gösterilmiştir (Syarifah-Noratiqah ve ark., 2018).

Balın kanser hücrelerinin çoğalmasını önleyici etkileri çeşitli deneysel modellerde kanıtlanmıştır. Mısır'da üretilmiş balın hepatoselüler karsinomda ve Ehrlich asit tümöründe (EAT) terapötik bir ajan olarak görev yaptığı bulunmuştur. Mısır balının ayrıca 2-4. derece akut lenfoblastik lösemide ve baş ve boyun kanserinde kemoterapinin sebep olduğu olumsuz etkileri koruduğu tespit edilmiştir (Battino ve ark., 2019).

Küçük ve arkadaşları (2007), üç farklı türdeki Türk balının bazı kimyasal özelliklerini ve in vitro biyolojik aktivitelerini araştırmışlardır. İlk iki bal örneği, Doğu Karadeniz bölgesinden toplanan kestane ve ormangülü çiçeklerinden monofloral olup, üçüncü örnek ise, astragalus (*Astragalus microcephalus* Willd.), kekik (*Thymus vulgaris*) ve diğer çeşitli dağ çiçeklerinin heterofloral formunda Doğu Anadolu'da Erzincan'dan toplanmıştır. Çalışmada, kestane çiçeği balı en yüksek fenolik içeriğe, süperoksit radikal temizleme aktivitesine ve indirgeme gücüne sahipken, heterofloral bal örneği en yüksek peroksinitrit temizleme aktivitesini sergilemiştir. Balların bazı mikroorganizmalara (*Helicobacter pylori* ATCC 49503, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Candida tropicalis* ATCC 13803 ve *Candida albicans* ATCC 10231) karşı orta düzeyde antimikrobiyal aktivite gösterdiği bulunmuştur. Araştırmacılar, incelenen bal örneklerinin sağlığın korunmasına ve çeşitli hastalıklara karşı mücadeleye hizmet edebilecek iyi bir antioksidan ve antimikrobiyal kaynağı olabileceğini öne sürmüşlerdir.

2.5 Balın Kalitesi

Balda kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerine çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Uluslararası Bal Komisyonu' un belirlediği kalite kriterleri birçok ülke için geçerli olmakla birlikte zaman zaman revizyon gerektiren hususlar da ortaya çıkmaktadır. Özellikle coğrafik bölgelere ve tek çiçekli (monofloral) ballara ilişkin kimyasal kalite kriterleri bazı ülkelerde değerlendirilse de uluslararası bal ticaretinde resmi olarak tanınmamaktadır. Aynı zamanda bazı Avrupa ülkelerindeki Arıcı Birlikleri tarafından belirlenen kalite kriterlerini daha katı şekilde uygulayabilmektedirler. Örneğin 40 mg/ g standardında değerlendirilen HMF değerini 15 mg /kg olarak; %20 olarak değerlendirilen bal nem değerini de %17.5-18.5 olarak belirleyen ülkeler bulunmaktadır (Bogdanov ve ark., 1999).

Codex Alimentarius Komisyonu tarafından 1981 yılında kabul edilen, 1987 ve 2001 yıllarında revize edilen bal için Codex standardı, gönüllü uygulamaya sahiptir ve birçok durumda ulusal mevzuata temel teşkil etmektedir (Codex, 2001). Avrupa Konseyi, Kodeks' in tavsiyelerini takip etmiş ve 2001/110/EC (EC, 2001) direktifini yayınlamıştır ve Avrupa Birliği (AB) Üye Devletleri'nde balın üretim ve ticaret parametrelerini belirleyen direktif 2014/63/EU (Anonim, 2014) olarak değiştirilmiştir (AB, 2011, 2014).

Balın Kodeks ve AB Direktifine göre bileşim kriterleri Çizelge 2.4. 'de gösterilmektedir (Thrasylvoulou ve ark., 2018).

Çizelge 2.4 Balın Bileşim Kriterleri (Thrasylvoulou ve ark., 2018).

Kompozisyon kriterleri	Çiçek balı		Nektar balı*	CODEX 2001 (Düzeltilen)
	Genel	İstisnalar		
Nem %	<20	<i>Calluna</i> ve Fırıncılık Balı <23 <i>Calluna</i> ' dan fırcılık balı <25	<20	Aynı Fırıncılık balı için hiçbir belirti yok
Fruktoz +	>60	-	>45	Aynısı
Sakkaroz %	<5	<i>Robinia</i> , <i>Medicago</i> , <i>Banksia</i> , <i>Hedysarum</i> , <i>Okalıptüs</i> , <i>Eucryphaspp</i> ve <i>Narenciye</i> <10 <i>Lavanta</i> ve <i>Borago</i> <15	<5	Aynısı
Suda çözünmeyen katı madde %	<0.1	Preslenmiş bal <0.5	<0.1	Aynısı
Elektriksel Aktivite mS.cm	<0.8	<i>Kestane</i> , <i>Arbutus</i> , <i>Erica</i> , <i>Okalıptüs</i> , <i>Tilia</i> , <i>Calluna</i> , <i>Manuka</i> ve <i>Melaleuca</i>	>0.8	Aynısı
Serbest Asitlik meq.kg	<50	Fırıncılık Balı <80	<50	Aynısı
Diastaz Aktivitesi DN**	>8	Fırıncılık balı ve düşük doğal enzim içerikli bal >3 (HMF 15 mg/kg dan daha az olduğunda)	>8	Doğal enzim içeriği düşük ballar > 3 DN
HMF mg.kg ***	<40	Fırıncılık balı, Tropikal iklim balları ve bu balların karışımları <80	<40	Tropikal iklim balları ve karışımları < 80

*Nektar balı ve nektar balının çiçek balı ile karışımları.

**İşleme ve harmanlama sonrasında belirlenir.

Ülkemiz çok çeşitli bitki örtüsüne sahip olduğundan her balın farklı renkleri, tat bileşimleri ve kalite kriterleri bulunmaktadır. Bunu belirleyen farklı kriterler balın

kimyasal içeriği (fenolik bileşikler, fruktoz/glikoz oranı, nem, kül, pH değeri, hidroksimetilfurfural gibi), balın hammaddesini etkileyen faktörler (yani nektar), balın ısıtılması işlemindeki sıcaklık değerleri, balın taze olması kalite kriterleri olarak belirtilmiştir. TSE'ye göre balın kalitesi; nem içeriği, toplam şeker, invert şeker, hidroksimetilfurfural (HMF), diastaz sayısı (DA), kül ve ticari şeker miktarları gibi parametrelerle belirlenmektedir. Ancak bu parametreler balın gerçek kalitesinden ziyade tazelik, kristalleşme durumu, arılara ticari şeker verilip verilmediği gibi süreçleri gösterir. Balın temel kalitesini belirleyen faktör, balın biyolojik değeri olup, bundan sorumlu olan bileşikler ise balın yalnızca %1-2'sinde bulunabilen çeşitli uçucu bileşenler ve sekonder metabolit ürünleri adı verilen fenolik maddelerdir (Toy ve Şahinler, 2022).

Güzel ve Bahçeci (2020), tarafından, Çorum bölgesinden elde edilen balların bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, temin edilen 47 bal örneğinde pH, çözünebilir kuru madde, nem, serbest asitlik, HMF, kül, elektriksel iletkenlik, diastaz sayısı, şeker oranı incelenmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında pH 3.83 (3.55-4.20), çözüdür kuru madde 81.5°Bx (76.8-83.8), nem %16.9 (14.5-21.7), serbest asitlik 32.2 meq/kg (21.1-47.8), HMF 3.5 mg/ kg (0.3-36.5), kül %0.18 (0.02-1.58), elektriksel iletkenlik 350µS/cm (205-674), diastaz sayısı 16.4 (0.1-32.2), glikoz %30.4 (26.0-34.3), fruktoz %35.3 (31.5-39.1), sakkaroz %0.34 (<0.05-4.64) ve fruktoz toplamı %65.8 (57.5-73.4), fruktozun glikoza oranı ise 1.16 (1.03-1.24) olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, bal numunelerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen yasal limitlere uygun olduğunu sadece bazı ballarda nem, glikoz ve fruktoz toplamı ve diastaz sayısı açısından söz konusu mevzuata uymadığını belirtmişlerdir.

Eştürk ve Aydın (2021), yaptıkları çalışmada, 7'si coğrafi işaretli olmak üzere 19 Ardahan bal örneğini analiz etmişlerdir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde yer alan değerlere göre uygunlukları değerlendirildiğinde, nem içeriği hariç, coğrafi işaretli Ardahan Balının kalite analiz sonuçları tebliğde belirtilen limitler dahilinde olduğu bulunmuştur. Coğrafi işaretli Ardahan balında elektriksel iletkenlik değeri 0.24 ± 0.08 mS/cm iken kayıt dışı bal örneklerinde bu değer 0.31 ± 0.06 mS/cm, balın özelliklerinin belirlenmesinde önemli kriter olan diastaz sayısı kayıt dışı bal örneklerinde 17.38 ± 5.85 iken bakanlık tarafından işaretlenen Ardahan balında 20.69 ± 5.64 , prolin miktarı bakanlıkça kayıtlı Ardahan balında 673.00 ± 177.18 mg/kg

iken kayıtsız balda 450.70 ± 94.80 mg/kg, ısıtıl işlem veya uzun süreli saklama koşulunun bir göstergesi 5-hidroksimetilfurfural (HMF) kayıtsız bal örneklerinde 6.16 ± 7.71 mg/kg iken, bakanlıkça işaretlenen bal örneklerinde 1.96 ± 1.00 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine (2020/7) göre, çiçek ballarında bulunması gereken standart değerler; nem maksimum %20, sakaroz maksimum 5g/100g, fruktoz + glikoz minimum 60g/100g, fruktoz/glikoz 0.9-1.85 arasında, suda çözünmeyen madde maksimum 0.1 g/100g, serbest 50 meq/kg, elektriksel iletkenlik maksimum 0.8 mS/cm, Diastaz minimum 8, HMF maksimum 40 mg/kg, C13/C4 şekeri maksimum %7, prolin miktarı minimum 300 mg/kg, naftalin miktarı maksimum 10 ppb olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5 Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği' ne (Tebliğ No: 2020/7) Göre Çiçek Balının Taşınması Gereken Özellikler.

Özellik	Değer
Nem (% en fazla)	20
Sakkaroz (en fazla) g/100 g	5
Fruktoz + Glikoz (en az) g/100 g	60
Fruktoz / Glikoz	0.9-1.4
Maltoz (en fazla) g/100 g	4
Suda Çözünmeyen Madde (en fazla) g/100 g	0.1
Serbest Asitlik (en fazla) meq/kg	50
Elektriksel İletkenlik (en fazla) mS/cm	0.8
Diastaz Sayısı (en az)	8
HMF (en fazla) mg/kg	40
Bal $\delta^{13}\text{C}$ değeri ($\delta^{13}\text{C}_{\text{bal}}$)	-23 veya daha negatif
Balda protein ($\delta^{13}\text{C}_{\text{protein}}$) ve bal ($\delta^{13}\text{C}_{\text{bal}}$) $\delta^{13}\text{C}$ değerleri arasındaki fark	-1 veya daha pozitif
Balda protein ve bal $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinden hesaplanan C4 şekeri oranı (% en fazla)	7
Prolin miktarı (en az) mg/kg	300
Naftalin miktarı (en fazla) ppb	10

Balda kalite kriterlerini belirlerken dikkat edilmesi gereken parametreler şu şekilde sıralanabilir;

2.5.1 Nem

Su, balın ikinci en büyük bileşenidir. Balın botanik kökenine, kovanda ulaşılan olgunluk düzeyine, işleme tekniklerine ve saklama koşullarına bağlı olarak içeriği %15 ila 21 arasında değişebilir (Yücel ve Sultanoğlu, 2013). Nem içeriği, balın viskozite ve kristalizasyon gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra renk, lezzet, tat, özgül ağırlık, çözünürlük ve muhafaza gibi diğer parametreleri de etkileyen en önemli özelliklerden biridir (Escuredo ve ark., 2013). Bal üzerine Codex Alimentarius Komitesi, baldaki nem içeriğinin $20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ i geçmemesi gerektiğini belirtmişlerdir (Codex Alimentarius, 2001). Baldaki nem yüzdesi, bağıl nemin yüksek olduğu bölgelerde veya mevsime bağlı olarak da değişiklik gösterebilir; çünkü balın, kurak mevsimden ziyade yağmurlu mevsimde fermantasyon sürecine uğrama olasılığı daha yüksektir. Balın higroskopik olması ve atmosferden nemi çekmesi nedeniyle, ürünün işlenmesi sırasında ve yetersiz depolama koşullarında baldaki nem artabilir (Karabagias ve ark., 2014).

2.5.2 pH ve Serbest Asitlik

Balın asitliği esas olarak miktarı %0,5'ten düşük olan organik asitlerden kaynaklanmaktadır. Asitlik balın aromasına, mikroorganizmalara karşı stabiliteye, kimyasal reaksiyonların artmasına, antibakteriyel ve antioksidan aktivitelere katkıda bulunur. Balın glikoz oksidazının glikoz üzerindeki etkisinden kaynaklanan glukonik asit, asitliğe en büyük katkıyı sağlar. Diğer organik asitler inorganik anyonlarla birlikte asitliğe katkıda bulunur.

Balın pH' sı hem iyonize asitlere hem de mineral elementlere bağlıdır ve diğer özelliklerin yanı sıra mikroorganizma gelişimini, enzimatik aktiviteyi ve dokuyu etkiler. Serbest asit, bu gıda maddesi için Avrupa kompozisyon kriterleri içerisinde yer alan bal kalite kontrolü için en önemli parametrelerden biridir. Avrupa Konseyi Direktifine ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (TGK)'ne göre serbest asit düzeyi genel olarak 1000 g bal için 50 meq/kg'ı, fırıncı balı için ise 80 meq/kg'ı geçemez (OJEK, 2002 ;Türk Gıda Kodeksi, 2020).

2.5.3 5-Hidroksimetilfurfural (HMF)

5-Hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği balın bozulmasının göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Codex Alimentarius (2001) tarafından HMF değerı, bal için maksimum 40.00 mg/ kg, bal ve bu balların karışımları için maksimum 80.00 mg/ kg olarak belirlenmiştir. Türk Standartları Enstitüsü ise HMF düzeyini maksimum 40 mg/kg olarak belirlemiştir. Tornuk ve ark., (2013) yirmi Türk çiçek balı örneğini değerlendirmiş ve HMF içeriklerinin taze bal olarak değerlendirilebilecek 0 ila 4.12 mg kg⁻¹ arasında değiştıği bulunmuştur. Normalde HMF, balın ısıtılması veya uzun süre saklanması sırasında monosakkaritlerin ayrışması veya Maillard reaksiyonuyla oluşmaktadır. Isıl işlem sıcaklığı ve depolama süresi arttıkça HMF konsantrasyonu önemli ölçüde artmaktadır. Ancak HMF tek başına ısıl işlemin ciddiyetini belirlemek için kullanılamamaktadır çünkü şeker profili, organik asitlerin varlığı, pH, nem içeriği, su aktivitesi (a_w) ve metalik kapların kullanımı, arı türleri ve botanik kaynaklar gibi diğer faktörler HMF seviyelerini etkileyebilir. Bu nedenle, HMF içeriği yalnızca aşırı ısınma veya yetersiz saklama koşullarının göstergesidir. Ek olarak yüksek asitlik, nem içeriği, şekerler (temel olarak fruktoz), amino asitler (örneğin alanin) ve mineraller de (magnezyum, manganez, demir ve çinko gibi) HMF üretimini hızlandırabilir (Toy ve Şahinler, 2022; Tornuk ve ark., 2013; Cavia ve ark., 2008).

2.5.4 Prolin

Prolin, balın kalitesini ve olgunluğunu tahmin etmek için bir kriter olarak değerlendirilir. Uluslararası Bal Komisyonu (IHC) tarafından balın olgunluğunu belirtmek için minimum 180 mg kg⁻¹ prolin düzeyi olması tavsiye edilir (Bogdanov ve ark., 1999). Prolin esas olarak bal arılarının (*Apis mellifera* L.) nektarın bala dönüşümü sırasında tükürük salgılarından kaynaklanır. Balda prolin toplam %50-85 oranında amino asidi temsil eder (Iglesias ve ark., 2006; Truzzi ve ark., 2014). Prolin, balın olgunlaşmasının ve bazı durumlarda şekerle yapılan tağışışın değerlendirilmesinde bir kriter olarak kullanılmaktadır. Saf bal için minimum 180 mg kg⁻¹ prolin değerı sınır değer olarak kabul edilmektedir (Bentabol Manzanares ve ark., 2014; Hermosín ve ark., 2003).

2020/7 Sayılı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre ise salgı ve çiçek balında gerekli prolin miktarı 300 mg/kg olarak belirtilmektedir (Anonim, 2020).

2.5.5 Renk

Renk, tüketici tarafından en çabuk algılanan fiziksel özelliktir. Rengin belirlenmesi, su beyazından kehribar tonlarına ve neredeyse siyaha kadar değişen, bazı bal türlerinde parlak sarı, yeşilimsi veya kırmızımsı gibi olası tipik tonlarla birlikte tek çiçekli ballar için yararlı bir sınıflandırma kriteridir. Aslında balın fiyatlandırılması büyük ölçüde balın rengine bağlıdır; Akasya ve Narenciye gibi hafif tada sahip ballar genellikle açık renkli ballardır. Almanya, Avusturya ve İsviçre'de ise özellikle daha yoğun tada sahip koyu renkli ballar ilgi görmektedir.

Boussaid ve ark., (2018), Tunus'un farklı bölgelerinden altı farklı bal örneğini değerlendirmiş ve açıklık (L*) değerlerinin 36,64 ile 51,37 arasında değiştiğini bulmuştur. Analiz edilen balların ayrıca turuncu, sarı ve yeşil renkleri de içerdiği bulunmuştur. Biberiye balı a*'nın negatif değerleri olan yeşil rengi gösterirken, nane balı en yüksek kırmızılığa (b*) sahip olmuş ve bunu okalipütüs balı izlemiştir. Kekik, portakal, okalipütüs ve nane ballarında b* değerinin 10 ile 20 arasında değiştiği görülmüştür.

Balın renginin, açık tonlardan neredeyse siyah kehribar tonlarına kadar değişebileceği, en yaygın olan rengin ise parlak sarı, kırmızımsı veya yeşilimsi olduğu bilinmektedir. Birçok ülkede balın fiyatı rengiyle ilişkilidir. Açık renkli ballar genellikle daha yüksek bir değere sahiptir, ancak koyu ballar da belirli bölgelerde rağbet görmektedir (Tuberoso ve ark., 2014). Bu da balların renginin tüketiciler tarafından genel kabulünün büyük ölçüde değişebileceğini göstermektedir (Gámbaro ve ark., 2007).

Renk, en çok değişen parametrelerden biridir ve temel olarak botanik kökenine göre belirlenir. Bu aynı zamanda kül içeriğine, balın kovanda kaldığı sıcaklığa ve depolama süresine de bağlıdır (Gámbaro ve ark., 2007). Codex Alimentarius Şeker Komitesi (2001), balın renginin neredeyse renksizden koyu kahverengiye kadar olması gerektiğini belirtmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, balın rengi, kül içeriği ve elektriksel iletkenliği arasında pozitif bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, balın rengi ile toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi arasında da bir korelasyon bulunmuştur (Tuberoso ve ark., 2014).

Koyu ballar, açık renkli ballara göre daha yüksek mineral, dekstrin, polifenol içeriğine ve asitliğe sahiptir. Koyu bal renginin Cd, Fe ve Pb, soluk bal renginin ise Al ve Mg konsantrasyonlarıyla güçlü bir şekilde ilişkili olduğu belirtilmektedir. Ayrıca renk depolama, ısı, enzimatik reaksiyonlar ve kristalizasyondan da etkilenir. Granül bal, kristal boyutuna bağlı olarak sıvı bala göre daha açık bir renk alma eğilimindedir. En iyi kristaller her zaman daha soluk bir görünüm verir. Balın kahverengileşmesi veya koyulaşması, başlangıç rengine, kimyasal bileşimine, depolanmasına ve ısıtılmasına bağlı olarak değişir. Kararmayı etkileyebilecek bileşenler şekerler, nitrojen içeriği, serbest amino asitler ve nemdir. Balın koyulaşmasına neden olan faktörler, melanoidin oluşumuna yol açan asit ortamında amino asitler ve şekerler arasındaki reaksiyon (Maillard reaksiyonları), şekerlerin karamelizasyon süreci (asit çözeltisinde fruktozun kararsızlığı), makromoleküllerin hidrolizi ile yüksek kolloid içeriği askorbik asit, polifenoller ve lipit oksidasyon reaksiyonlarıdır. Eski petek kullanımı, balın depolanması sırasında ışığa maruz kalma veya tannik asit türevleri ile oksitlenmiş polifenollerin demir tuzları ile reaksiyona girmesine yol açabilecek uygunsuz malzemelerin kullanımı gibi bazı arıcılık uygulamaları da balın rengini yoğunlaştırabilir (Machado De-Melo ve ark., 2018).

Türk Gıda kodeksi bal tebliğine göre balın rengi su beyazından koyu amber rengine kadar değişebilir. Salgı balının rengi pfund skalasına göre en az 60 olmalıdır. Balın renginin renginin kül miktarı ile ilişkisi vardır. Balın külünün fazlalığı renginin koyuluğu ile gözlenebilir. Çiçek balında %0,6'dan fazla; Salgı balında ise %1,2'den fazla kül düzeyi uygun değildir (Anonim 2002).

2.5.6 Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik (EC), bir malzemenin elektrik akımını iletme yeteneğini ifade eder. Balın EC'ği, botanik kökeninin yanı sıra mineral içeriği, inorganik iyonlar, organik asitler, proteinler ve elektrolit görevi görebilen şekerler, polioller ve polen taneleri gibi diğer bileşenlerle doğrudan ilişkilidir. Mevcut Avrupa yönetmeliğine (OJEK, 2002) göre, çiçek balının elektriksel iletkenliği 0.8 mS/cm' den düşük olmalı, çam balı ve kestane balının elektriksel iletkenliği ise 0.8 mS/cm' den yüksek olmalıdır. Kocayemiş (*Arbutus unedo*), Banksia, Çanotu (*Erica spp.*), okyanus mersini (*Leptospermum spp.*), çay ağacı (*Melaleuca spp.*), Okalıptüs, Ihlamur (*Tilia spp.*) ve

karışımlarından elde edilen ballar istisna tutulmuştur (Machado De-Melo ve ark., 2018).

İletkenlik, rutin bal kalite kontrolünde çok sık kullanılır. Balın bu özelliği, balın botanik kökeninin ve saflığının değerlendirilmesinde çok iyi bir kriter olarak kabul edilir. Bal, sulu bir çözelti içinde iyonlara ayrışma veya elektrik gücü iletmeye yeteneğine sahip organik asitler ve mineraller gibi bileşenler içerir. Balın parlak rengi genellikle balın koyu rengine göre daha düşük iletkenliğe işaret eder. Balın elektriksel iletkenliği, 20°C'deki sudaki hacimce %20'lik çözeltinin iletkenliği olarak tanımlanır; burada %20, balın kuru maddesini ifade eder (Uluslararası Bal Komisyonu, 2009; Živkov Baloš ve ark., 2018).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre balda bulunması gereken elektriksel iletkenlik oranları en fazla 0,8 mS/cm olarak belirlenmiştir (Anonim, 2020).

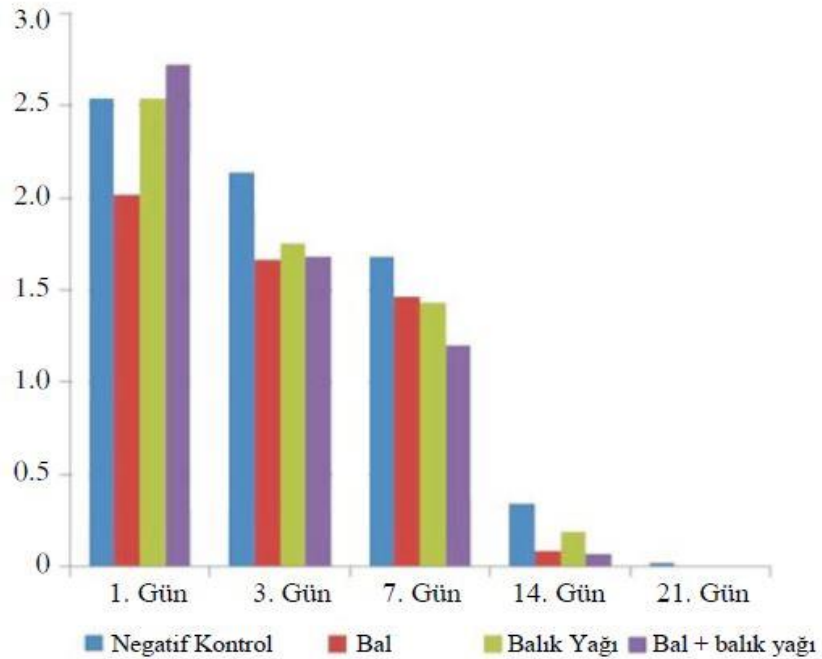
2.5.7 Kristalizasyon

Balın kalitesinin belirlenmesinde önemli fiziksel kriterlerden biridir. Balın kristalleşmesi veya granülasyonu doğal ve kendiliğinden oluşan karmaşık bir fiziksel süreçtir. Fruktozdan daha az çözünür olan glikoz, sudan ayrılarak aşırı doymuş çözülden çökelerek su kaybıyla glikoz monohidrat kristalleri haline gelir (Gleiter ve ark., 2006). Akasya ve adaçayı gibi fruktoz bakımından zengin ballar uzun süre sıvı kalabilirken, kolza veya karahindiba gibi glikoz bakımından zengin ballar genellikle hasattan hemen sonra veya bazen petek hücreleri içinde granüle olur (Machado De-Melo ve ark., 2018). Bu süreç aracılar tarafından istenmeyen bir durumdur. Çünkü bu durum bazı tüketicilerin, balın kristalleşmesi durumunda katkı maddesi kullanıldığını düşünmesine sebep olabilmektedir. Kristalleşme, sadece balın rengini ve dokusunu etkiler fakat sıvı balın lezzet ve kalite özelliklerini korur. Prensip olarak kristalize bal bozulmuş bir ürün olarak değerlendirilmez. Ancak homojen olmayan bir kristalleşme meydana geldiğinde üst kısımdaki şeker konsantrasyonu azalarak balın nem içeriğinin artmasına sebep olur (Costa ve ark., 2013; Kolaylı ve ark., 2012). Balın kristalleşmesi sıcaklık, viskozite, su, şekerler (esas olarak glikoz ve melezitöz içeriği) ve kristalizasyon çekirdeği olarak işlev görebilecek parçacıkların (proteinler ve diğer kolloidler, polen taneleri, polen taneleri, toz ve diğer asılı parçacıklar, maya, balmumu, propolis veya hava kabarcıkları ve diğerleri) durumuna göre değişir (Bhandari ve ark.,

1999). Düşük sıcaklıklarda kristalleşme yavaşlar çünkü şekerin çözünürlüğünün azalmasına rağmen (böylece granülasyon lehine) balın viskozitesinde bir artış olur, bu da glikoz difüzyonunu azaltır ve kristallerin hareket etmesini zorlaştırır (Machado De-Melo ve ark., 2018).

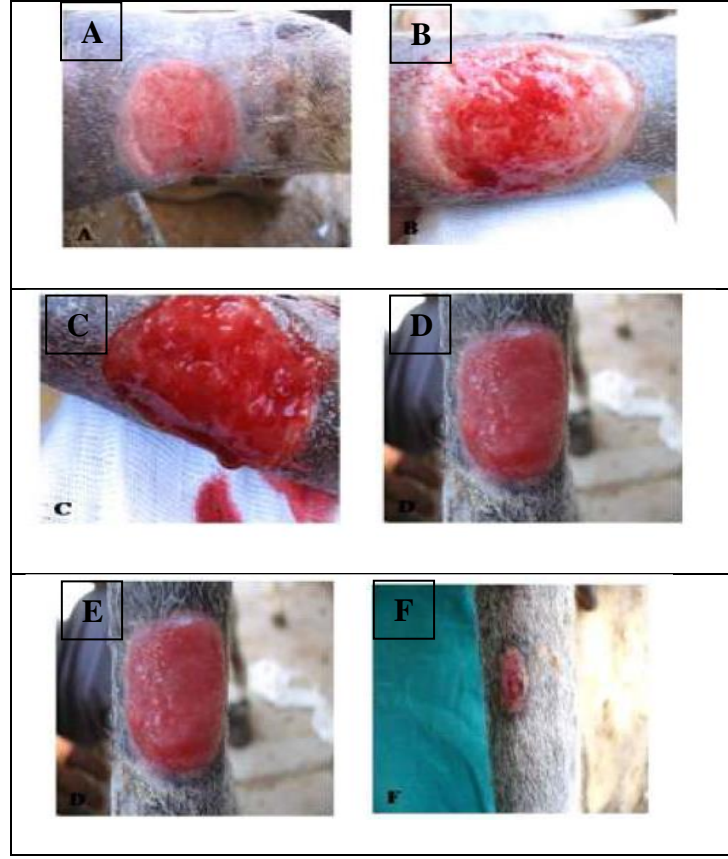
2.6 Bal ve ω -3 Karışımlarının İnsan Sağlığına Etkileri

Tanideh ve ark., (2016) tarafından yapılan bir çalışmada; bal ve balık yağının sıçanlarda yara iyileşme sürecine olan etkisi klinik olarak değerlendirilmiştir. Bunun için, sırasıyla kontrol (Grup I), bal (Grup II), balık yağı (Grup III) ve bal+balık yağı (Grup IV) uygulanan dört gruptaki sıçanlara anestezi uygulanarak sırtta bir yara açılmıştır. Çalışmada, Grup II ve III' teki yara pansumanı her gün sırasıyla tamamen bal (0.5-1.0 mL) ve tamamen balık yağı (0.5-1.0 mL) ile pansuman yapılırken, Grup IV' teki sıçanlara ise yara her gün sabah ve öğleden sonra sırasıyla bal (0.5-1.0 mL) ve balık yağı (0.5-1.0 mL) ile pansuman yapılmıştır. Belirtilen günlerde yara alanındaki değişimler Şekil-2.5 'te görülmektedir. Çalışmanın sonucunda, bal+balık yağı karışımı uygulanan sıçanlarda ülser yüzey alanında önemli bir azalma gözlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, bal ve balık yağı kombinasyonunun yaralarda lokal olarak kullanılmasının, gerilme mukavemeti özellikleri açısından iyileşmeyi artırabildiğini göstermiştir.



Şekil 2.5 Tüm Gruplar İçin Farklı Günlerde Yara Alanı.

Ali ve Radad (2011), tarafından, morina balığı karaciğeri yağı ve bal karışımının atlardaki eski yaraların tedavisindeki iyileştirme etkisi üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu amaçla, Mısır' ın Assiut Üniversitesi Veteriner Eğitim Hastanesi' ne farklı bölgelerdeki yaraları ile başvuran 3 adet at ve 7 adet eşeğin yaraları, morina karaciğeri yağı / bal karışımıyla tedavi edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, bir aylık morina karaciğeri yağı / bal karışımıyla tedavi olduktan sonra hayvanlardaki yaraların boyutlarının belirgin bir şekilde küçüldüğü (Şekil 2.6) ve tedavinin sağlıklı bir yara izi oluşmasına neden olduğu bulunmuştur (Çizelge 2.6).



Şekil 2.6 Morina Balığı Karaciğeri Yağı ve Bal Karışımıyla Tedavi Edilen Yaralar (A) Bir eşeğin metakarpal bölgesinde yeni ve tedavi edilmemiş yara. B) Karışım ile tedavi edilen yara, yakın zamanda oluşan yarayla karşılaştırıldığında inflamatuvar şişlik gösterdi. C) Karışım ile tedavi edilen yarada, ilk pansuman bandajından sonra kanama görüldü. D) Karışım ile tedavi edilen yaranın yara merkezinde granülasyon dokusuyla hafif bir artış gösterdi E) Karışım ile tedavi edilen yaranın, bir hafta sonra cerrahi debridman yapılmaksızın granülasyon dokusu boyutunda azalma görüldü F) Karışım ile tedavinin üçüncü haftasından tedavi edilen yaranın boyutunda önemli bir azalma görüldü).

Çizelge 2.6 Bal, Morina Balığı Karaciğeri Yağı veya Karışımla Tedavi Sonucu Eşeklerde Cerrahi Olarak Oluşturulan Yaraların Ortalama Boyutu (Her Biri 3 Metakarpal Yara), Kontrol Yaraları (3 Metatarsal Yara) İle Karşılaştırıldığında.

Maddeler	İki hafta sonra		Bir ay sonra	
	Tedavi edilen yaralar	Kontrol yaraları	Tedavi edilen yaralar	Kontrol yaraları
Bal	9.50 cm ²	10.99 cm ²	6.59 cm ²	8.79 cm ²
Morina karaciğeri yağı	9.42 cm ²	10.68 cm ²	6.60 cm ²	8.79 cm ²
Karışım	9.90 cm ²	10.99 cm ²	6.20 cm ²	8.16 cm ²

Asari ve ark., (2019) Tualang balı (TH), DHA bakımından zengin balık yağı ve bunların kombinasyonunun, kronik strese maruz kalmanın ardından sıçan beyinde seçilmiş pro-inflamatuar sitokinlerin konsantrasyonları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda, DHA açısından zengin balık yağı ve TH tüketiminin, kronik stres koşulları altındaki sıçanların beyinlerinde pro-inflamatuar sitokin seviyelerinin düşürülmesinde etkili olabileceğini bulmuşlardır. Ancak araştırmacılar, bu ajanların birlikte tüketilmesinin, ayrı ayrı alınmasına göre ek bir fayda sağlayacağını belirtmişlerdir.

Bir diğer çalışmada, pediatrik çocuklarda oksidatif stres veya aşırı demir yükünün neden olduğu oksidatif stres durumlarını önlemek ve yönetmek için kullanılan geleneksel tedaviye (deferasiroks, kan transfüzyonu ve L-karnitin) omega-3 ve Manuka balı kombinasyonunun veya tek başına Manuka balının etkinliği incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, ω -3 ve Manuka balı kombinasyonunun, oksidatif stres durumunu azaltmada, geleneksel β -talasemi tedavisine önemli bir katkı sağladığı bulunmuştur. Araştırmada, ω -3 ve Manuka balının kombinasyonunun, tek başına Manuka ve kontrol gruplarına kıyasla F2-izoprostan (8-iso-PGF₂ α ; 8-izo PGF 2 α , membran fosfolipitlerindeki araşidonik asidin enzimatik olmayan peroksidasyonuyla üretilen bir izoprostandır) seviyesini önemli ölçüde azalttığı, ayrıca karışımın hastanın lipit profilini (LDL-C ve HDL-C) kontrol grubuyla karşılaştırıldığında önemli ölçüde eski haline getirdiği ve Manuka balının, serum demirini azaltarak oksidatif stresi azaltmada ω -3'ün etkisini arttırdığı tespit edilmiştir (Çizelge 2.7). Sonuç olarak, ω -3 ve Manuka balı kombinasyonunun oksidatif stres durumunu azaltmada ve β -talasemi tedavisinde önemli bir katkı sağladığı

gözenmiştir. Ayrıca, ω -3 ve Manuka balı kombinasyonunun, aşırı demir yükünün neden olduğu oksidatif stresi yönetmede, tek başına manuka balına göre daha etkili olduğu da görülmüştür (Gamaleldin ve ark., 2023).

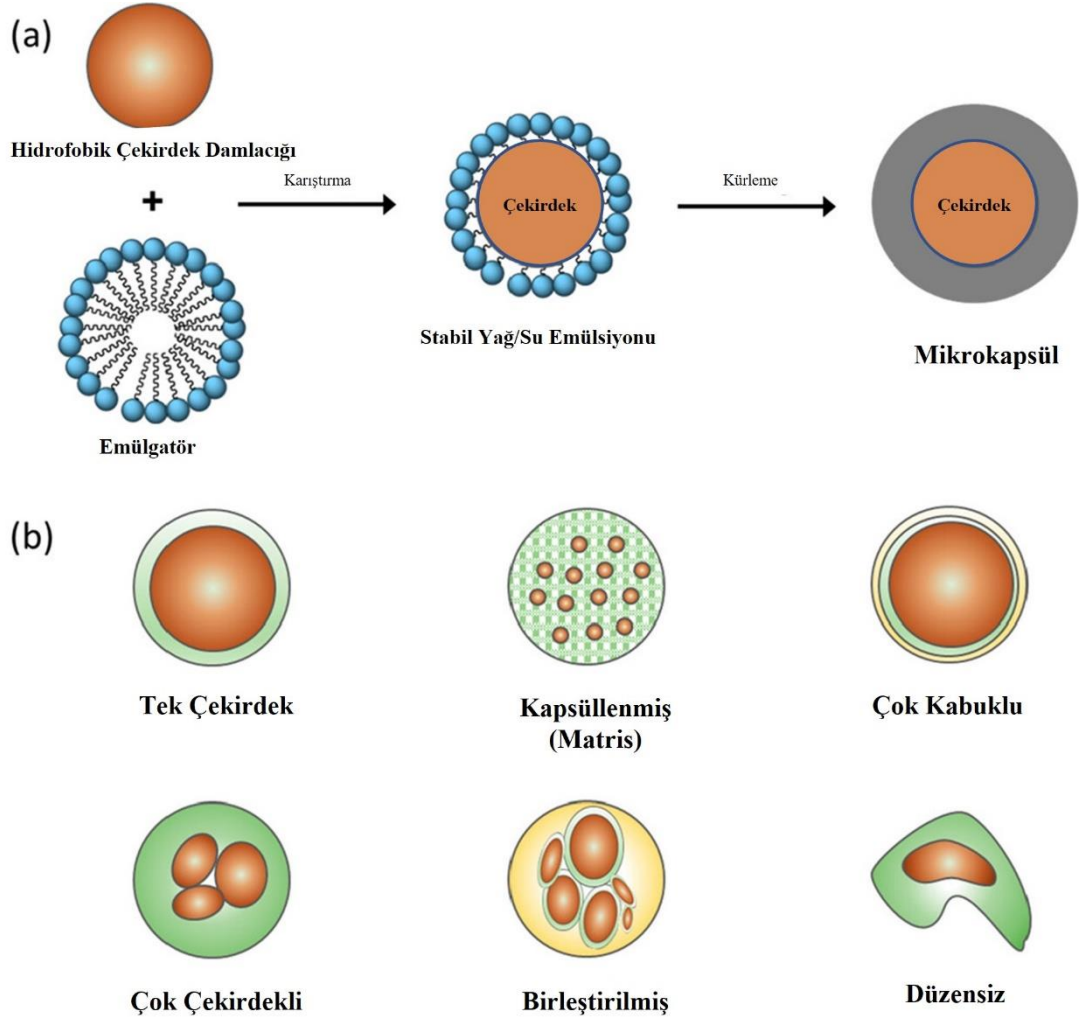
Çizelge 2.7 Başlangıç Değerlerine (Tedavi Öncesi) Kıyasla On Aylık Tedavi Sonrasında Değerlendirilen Sonuçlardaki Ortalama Değişiklikler.

Değişken	Kontrol Grubu	Sadece Manuka Balı Grubu	ω -3+ Manuka Balı Grubu
Plasma-8-iso-PGF2ac (pg/ml)	480 ± 4.04	156 ± 3.03*	118 ± 4.53*
HDL kolesterol (mg/dL)	39 ± 5.6	40 ± 6.8*	44 ± 4.2*
LDL kolesterol (mg/dL)	58 ± 10.5	76 ± 12.3*	90 ± 11.6*
Laktik asit dehidrogenes (U/L)	498 ± 123	486 ± 133	301 ± 118*
C-reaktif protein (mg/dL)	2.6 ± 1.8	1.2 ± 0.95*	1.9 ± 0.89*
Ferritin (ng/mL)	1310 ± 195	659 ± 146*	670 ± 129*
Serum iron (ug/dL)	125 ± 9.8	79 ± 8.3*	84 ± 7.6*
Hemoglobin seviyesi (g/dL)	7.1 ± 0.33	8.5 ± 0.45*	8.9 ± 0.86*
Kan transfüzyon sıklığı (seans sayısı)	7.3 (6.7,7.8)	4.5 (4.5,1) *	3 (3.5,4.1) *

2.7 Dondurarak Kurutulan Mikroenkapsüle Balık Yağlarının Kalitesi

Mikroenkapsülleme, boyutu 50 nm ila 2 mm arasında değişen mikrokapsüller üretmek için sıvıların veya katıların partiküllerini veya damlacıklarını polimerik bir filmle kaplama işlemidir (Şekil 2.7). Mikroenkapsülasyon tekniği, günümüzde, yalnızca sıvıları katı malzemelere dönüştürmek için değil, aynı zamanda bileşenlere işlevsellik veya gelişmiş oksidatif stabilite getirmek için kullanılan en başarılı uygulamadır (Pegg ve Shahidi, 2007).

Balık yağının mikroenkapsülasyonu sonucunda, fiziksel ve kimyasal bozulmalara karşı etkili koruma sağlanır, buharlaşma önlenir veya yavaşlatılır, hoş olmayan kokular maskelenir, raf ömrünü uzatılır ve sürekli ve uzun süreli salınım özellikleri sağlanır (Chang ve Nickerson, 2018). Bu açıdan gıda endüstrisinde mikroenkapsülenmiş balık yağı ile zenginleştirilmiş gıdalara ilgi giderek önem kazanmaktadır. Mikroenkapsülenmiş balık yağı ile zenginleştirilmiş ürünlere örnek olarak; et ve kümes hayvanları ürünleri, ekmek ve unlu mamuller, sürülebilir yağlar, yumurta ve yumurta ürünleri, süt ve süt ürünleri, makarna, soslar, meyve suları ve alkolsüz içecekler verilebilir (Kolanowski ve Laufenberg, 2006).



Şekil 2.7 (a) Suda Yağ Mikrokapsülleme Prosesi ve (B) Temsili Mikrokapsül Yapılarının Şematik Diyagramları (Yan ve ark., 2022)

Mohammed ve ark., (2020), mikrokapsüllemenin faydalarını kısaca aşağıdaki gibi özetlemiştir.

(a) Toz halinde yenilebilir yağ ürünleri üretmek için kapsülleme işlemi uygulayarak lipitlerin oksidatif stabilitesinin iyileştirilmesine ve yağları oksidasyondan koruyarak raf ömrünün uzamasına yardımcı olur.

(b) Genellikle hassas bileşikler olan yağlar, aromalar ve vitaminler gibi çekirdek malzemelerini kaplayarak, dış çevreden kaynaklanan oksijen, ışık veya nemin zararlı etkilerinden korur.

(c) Yağları, sıvı bir formdan kuru bir forma dönüştürerek, çekirdek malzemelerinin yüksek çözünürlüğe ve kabul edilebilir karıştırma özelliklerine sahip

toz ürünler haline gelmesine olanak sağlar. Akışkan gıdaların (tatlandırıcılar ve yemeklik yağlar gibi) arzu edilen kullanım özelliklerine sahip katı formda tozlara dönüştürülmesi, gıda endüstrisinde enkapsülasyonun önemini daha da artırmaktadır

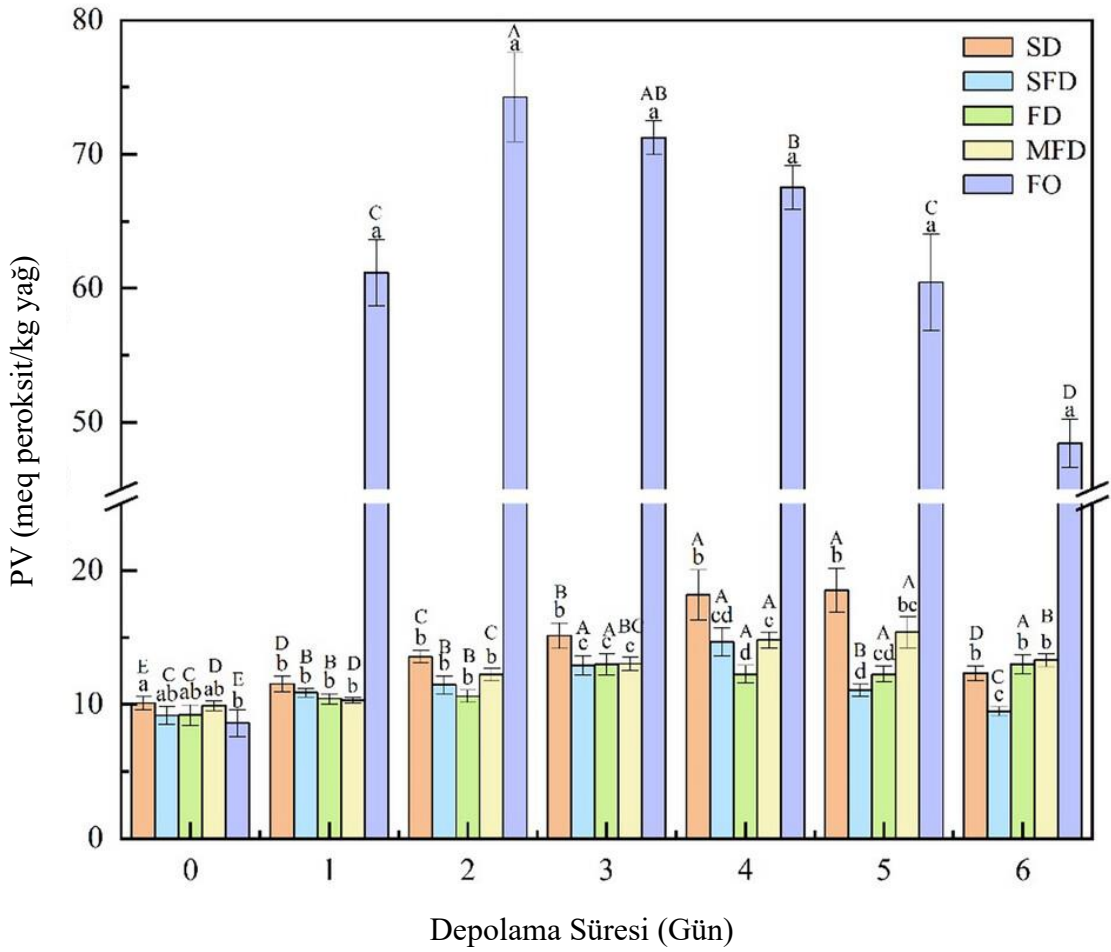
(d) Yağların ve aromaların enkapsülasyonunun hayati bir faydası, aktif bileşenlerin hedeflerine ulaşana kadar salınma süresinin kontrol edilmesidir.

(e) Çekirdek malzemelerdeki uçucu bileşiklerin buharlaşmasını önler. Kapsülleme işlemiyle elde edilen kuru toz, yüksek oksidasyon kararlılığına ve azaltılmış uçuculuğa sahiptir. Bu da yağların birçok gıdaya uygulanabilirliğinin artmasına neden olur.

(f) Çekirdek malzemenin hoş olmayan tatların maskeleymesine veya örtmesine neden olur. Kapsülleme, balık yağının tatsız "balıksı" tadı ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyona duyarlılığı olan ω -3 PUFA içeren gıdalarla ilgili temel sorunların üstesinden gelmeye yardımcı olur. Kapsülleme, kapsülsüz yağlara kıyasla depolama koşulları altındaki yağların stabilitesini ve direncini olumlu yönde etkiler.

Balık yağı mikrokapsülasyonu, kitosan, jelatin, maltodekstrin, nişasta, peynir altı suyu proteinleri ve bitki zamkları gibi polimerler kullanılarak sprey ve dondurarak kurutma, koaservasyon, ultrasonikasyon ve membran emülsifikasyon teknikleri ile elde edilir (Chatterjee ve Judeh, 2016).

Yang ve ark., (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, sprey kurutma (SD), sprey dondurarak kurutma (SFD), dondurarak kurutma (FD) ve mikrodalga dondurarak kurutmanın (MFD) balık yağı (FO) mikrokapsüllerinin özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, mikrokapsüllerin kapsülleme etkinliği SD, SFD, FD ve MFD için sırasıyla %86.98, %77.79, %63.29 ve %57.89 olarak bulunmuştur. Ayrıca araştırmacılar, dört kurutma işleminin tamamından sonra elde edilen mikrokapsüllenmiş örneklerdeki peroksit değerlerini (meq/kg) FO' dan biraz daha yüksek bulmuşlardır.



Şekil 2.8 Sprey Kurutma (SD), Sprey Dondurarak Kurutma (SFD), Dondurarak Kurutma (FD) ve Mikrodalga Dondurarak Kurutmanın (MFD) Balık Yağı (FO) Mikrokapsüllerinin Özellikleri Üzerine Etkisi

Charles ve ark., (2021) mikrokapsülleme için yeni bir duvar malzemesi olma potansiyeli nedeniyle ve ton balığı yağının oksidatif bozulmasını sınırlandırmak için ararot nişastası, maltodekstrin ve peynir altı suyu proteini kullanarak 6 farklı emülsiyon oluşturmuş ve dondurarak kurutmuştur. Araştırmacılar mikrokapsülleri kapsülleme etkinliği (EE), nem içeriği, su aktivitesi, peroksid değeri (PV), asitdeğeri (AV), mikro yapı ve birincil oksidasyon derecesini ± 25 °C' de 90 gün boyunca her 15 günde bir değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, mikrokapsüle tuna balığı yağının yüksek EE (%80.5–86.4), düşük nem (%0.24–3.47) ve düşük su aktivitesi (0.05–0.23) içerdiği bulunmuştur. Ayrıca, mikrokapsüllerin PV (4.80–9.20 mEq/kg yağ) ve AV (%1.46–2.24 FFA) değerlerini bakımından rafine edilmiş balık yağı için endüstri tarafından belirlenen maksimum PV (10 mEq O₂/kg yağ) ve AV (<3) limitlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Vahidmoghadam ve ark., (2019), duvar malzemesi olarak peynir altı suyu proteininin (WPC) ve arap zamkının nanokapsüllenmiş balık yağı tozunun özellikleri üzerine etkisini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, balık yağının nanokapsülasyonu için duvar malzemesi olarak farklı oranlarda kullanılan arap zamkı ve WPC (%6 balık yağı ve %20 oranında sulu çözeltisinden) ile oluşan su içinde yağ emülsiyonu dondurarak kurutulmuştur. Çalışmanın sonucunda, en küçük emülsiyon damlacığı çapı (50 nm) ve en yüksek kapsülleme verimliliği tamamen arap zamkı içeren numunede bulunmuştur; ancak en düşük yüzey yağı miktarı, pH ve en yüksek zeta potansiyeli ve nem içeriği de bu örneklerde saptanmıştır (Çizelge 2.8 ve 2.9).

Çizelge 2.8 Örneklerin Nem İçeriği (%) (ortalama \pm SD)

Örnek	Kaplama Materyali (Arap Zamkı-WPC)	Nem
1	0 + 20	0.04 ^A \pm 2.20
2	10 + 10	0.03 ^B \pm 2.42
3	12 + 8	0.03 ^C \pm 2.86
4	16 + 4	0.04 ^D \pm 2.97
5	20 + 0	0.02 ^E \pm 3.16

Aynı sütundaki değerlerle aynı değerler arasında anlamlı bir fark yoktur ($p > 0,05$).
WPC: Peynir altı suyu proteini konsantresi

Çizelge 2.9 Örneklerin Enkapsülasyon Verimliliği (%) (ortalama \pm SD)

Örnek	Kaplama Materyali (Arap Zamkı-WPC)	Enkapsülasyon Verimliliği
1	0 + 20	0.69 ^C \pm 65.20
2	10 + 10	1.07 ^C \pm 67.42
3	12 + 8	0.73 ^B \pm 71.34
4	16 + 4	1.12 ^A \pm 80.78
5	20 + 0	0.97 ^A \pm 81.71

Aynı sütundaki değerlerle aynı değerler arasında anlamlı bir fark yoktur ($p > 0,05$).
WPC: Peynir altı suyu proteini konsantresi

Di Giorgio ve ark., (2021), balık yağının emülsifikasyon ve liyofilizasyon yoluyla soya proteinleri ile kapsüllenmesi ve mikro partiküllerin özelliklerinin aynı şekilde işlenmiş ancak püskürtülerek kurutulanlarla karşılaştırılmasını çalışmışlardır. Araştırmanın sonucunda, liyofilizasyonla kurutulan mikro partiküllerin püskürtülerek

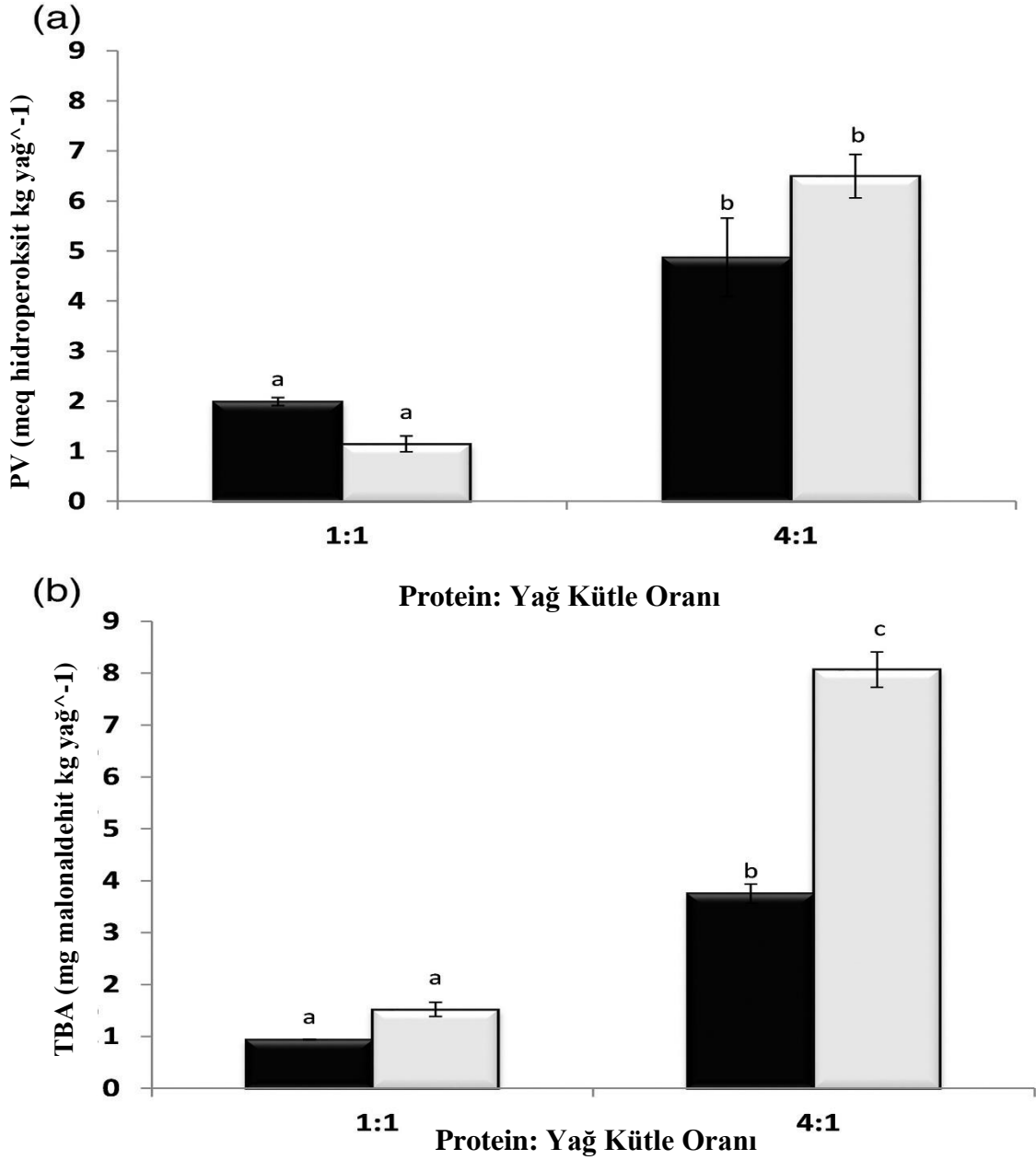
kurutulanlara göre daha iyi bir katı geri kazanımı gösterdiğini ancak daha düşük kapsülleme etkinliğine sahip olduğunu bulmuşlardır (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.10 Balık Yağı Mikrokapsüllerinin Geri Kazanılan Katı Verimi (SY), Toplam Yağ (TO), Serbest Yağ (FO) ve Kapsülleme Verimliliği (EE)

Kurutma Yöntemi	Protein/yağ kütle oranları	SY (g kg ⁻¹)	TO (g kg ⁻¹)	FO (g kg ⁻¹)	EE (g kg ⁻¹)
Liyofizilasyon	1 : 1	988.9 ± 11.5 ^b	477.7 ± 3.7 ^b	300.7 ± 7.3 ^d	370.5 ± 27.9 ^a
	4 : 1	984.5 ± 6.1 ^b	162.0 ± 18.6 ^a	70.8 ± 1.7 ^b	563.0 ± 32.6 ^b
Sprey-kurutma	1 : 1	537.8 ± 52.5 ^a	487.7 ± 12.0 ^b	160.6 ± 24.6 ^c	669.3 ± 45.5 ^c
	4 : 1	494.1 ± 29.1 ^a	152.1 ± 14.9 ^a	12.6 ± 4.2 ^a	887.4 ± 31.5 ^d

Her kapsül için bildirilen değerler ortalamalar + standart sapmadır (n = 2). Aynı sütundaki farklı harfler, Tukey testine göre örnekler arasındaki önemli farklılıkları (P < 0,05) gösterir.

Çalışmada, tüm kapsüllenmiş balık yağları ham balık yağına karşılık daha yüksek bir PV ve TBA' ya sahip olmuşlardır. Ayrıca, (4:1) oranı ile daha yüksek protein/yağ kütle oranıyla hazırlanan mikro partiküllerde daha düşük olanlara (1:1) göre, daha yüksek bir peroksit ve aldehit konsantrasyonu bulunmuştur (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Farklı Protein/Yağ Kütle Oranlarına Sahip Su İçinde Balık Yağı Emülsiyonlarından Liyofilizasyon (Siyah) veya Sprey (Gri) İle Kurutulan Mikrokapsüllerin Peroksit Değeri (PV) (A) Ve 2-Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı (B) (1) :1 Ve 4:1 W/W) (Di Giorgio ve ark., 2021).

2.8 Mikrokapsüle Balık Yağlarının Gıdalarda Kullanımı

Kapsülleme, oksidasyona karşı koruma sağlayan kaplama amacıyla kullanılan en bilinen tekniklerden biridir. Son zamanlarda balık yağıyla zenginleştirilmiş gıdaların besleyici ve oksidatif yönlerini geliştirmek yerine emülsiyon tasarlamaya daha fazla ilgi duyulmaktadır (Jamshidi ve ark., 2018)

Bir çalışmada, İzlanda kahverengi alglerinden *Fucus vesiculosus* ekstraktlarının, su içinde balık yağı emülsiyonu ile takviye edilmiş granola barlarda lipit oksidasyonunu engelleme yeteneği araştırılmıştır. Bu çalışmada, dondurularak kurutulan *F. vesiculosus* tozu ile su, %70' lik aseton ve %80' lik etanol kullanılarak 3 farklı ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. %70 su içeren balık yağı emülsiyonları, oda sıcaklığında, su çözeltisi içindeki %10 (w/v) sodyum kazeinata (Na-cas) yavaş yavaş balık yağı ilave edilerek bir ultra-turrax ile kuvvetli bir şekilde karıştırılarak hazırlanmış ve deniz yosunu ekstraktları, 100 g emülsiyon içinde 0.5 veya 1 g ekstrakt içeren %10 Na-cas çözeltisi (w/v) içerisinde çözülmüştür. Çalışmanın sonucunda, balık yağı ile zenginleştirilmiş granola barların oksidatif stabilitesinin, 1 g ekstrakt/100 g emülsiyon eklenmesiyle iyileştirildiğini göstermiştir. Aseton ekstraktı ve etanol ekstraktı, bu tip düşük nemli gıdalarda en etkili antioksidanlardır. Ayrıca ekstraktların konsantrasyonunun, ekstraktların çubuklardaki etkinliği açısından büyük önem taşıdığı görülmüştür (Karadağ ve ark., 2017).

Süt ve süt ürünleri farklı yaşlardaki insanlar tarafından yaygın olarak tüketildiğinden ve beslenme faktörlerinde kritik bir role sahip olduğundan, bu ürünlerin kullanılması, balık yağı kullanarak yağ asidi içeriğini arttırmak/bu ürünleri yağ asidi dağıtım aracı olarak güçlendirmek için potansiyel olarak cazip bir yöntem olarak görülmüştür. Süt ve süt ürünlerinin balık yağı ile zenginleştirilmesi, özellikle sağlığı teşvik eden yağ asitleri olarak kabul edilen EPA ve DHA gibi çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek miktarda içermesine yol açmıştır. Fakat, balık yağının oksidasyona karşı oldukça hassas olması ve uçucu oksidasyon ürünlerinin gelişimi süt ürünlerinin lezzet ve duyu özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bazı süt ürünlerinin duyu özelliklerini etkilemeden önce eklenen balık yağı miktarları Çizelge 2.11 'te gösterilmektedir (Jamshidi ve ark., 2020).

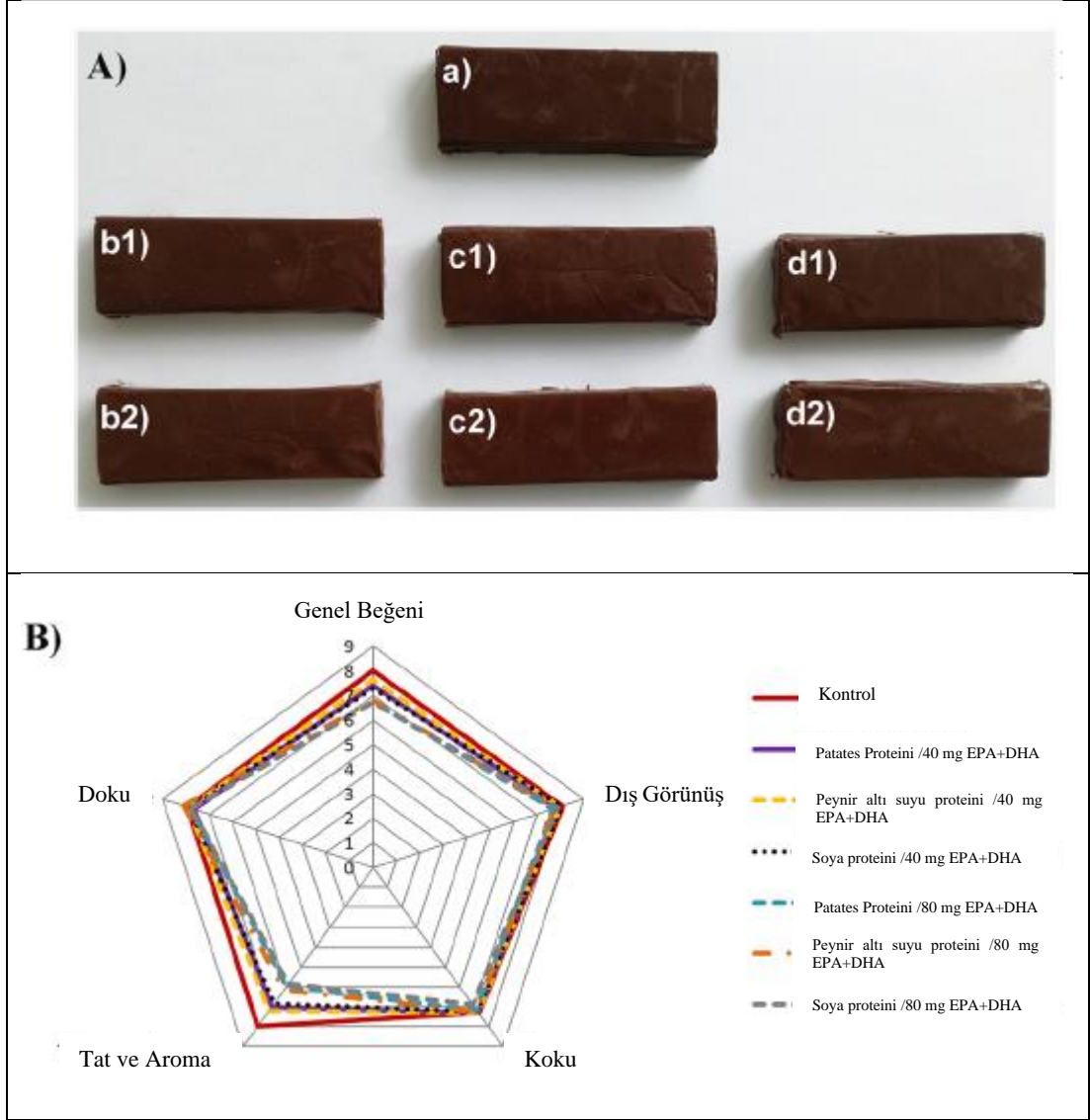
Çizelge 2.11 Süt Ürünlerinin Duyusal Özelliklerini Etkilemeden Önce Eklenen Balık Yağı Miktarları (Jamshidi ve ark., 2020).

Ürün	Zenginleştirme Seviyesi
Sürülebilir taze peynir (Philadelphia tipi)	15 g / kg balık yağı
Aromasız yarı katı işlenmiş taze az yağlı peynir (110g yağ/kg)	3 g /kg balık yağı
Aromasız işlenmiş peynir (320 g yağ/kg)	40 g / kg balık yağı
Yumuşak keçi peyniri	28 gr porsiyon başına 127 mg EPA + DHA
Çilekli yoğurt	Toplam yağ asitlerinin %1,76'sından %7,50'sine kadar Omega-3 yağ asidi içeriği ve tespit edilemeyenden %2,9 ile %2,37 arasında EPA ve DHA içeriğine kadar
Aromasız içilebilir yoğurt ve çilek aromalı içilebilir yoğurt	%2 yağ oranına sahip balık yağına 2 ve 3 g/kg ilavesi

Bir başka çalışmada, ekmeğin besin değerini güçlendirmek için balık yağı kapsüllenerek kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, yüksek sıcaklıkta ekmek pişirmenin ardından uçucu ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşmasına sebep olabileceği ve EPA ve DHA'nın kalitesini düşürebileceği belirtilmiştir (Rahaie ve ark., 2014). Balık yağı mikrokapsüllerinin uygulanmasıyla ekmeğin ağırlığı ve hacmi sırasıyla artmış ve azalmış, bunun sonucunda mikrokapsül miktarları artmış, bu da somun yoğunluğunun artmasına ve formülasyonun gluten konsantrasyonunun azalmasına neden olmuştur. Mikrokapsül miktarının artması, ekmeğin pişirilmesi sırasında sertliğin artmasına ve kuruma hızının azalmasına yol açmış, bu da kırıntı gözenekliliğini olumsuz yönde etkileyerek somunları daha sert hale getirmiştir.

Hadnadev ve ark., (2023), protein stabilize balık yağı mikrokapsülleri, “ ω -3 yağ asitlerinin kaynağı (40 mg EPA+DHA /100g or 10kcal) veya yüksek olduğu (80 mg EPA+DHA/100 g veya 100 kcal) besinsel iddiasını taşıyabilecek güçlendirilmiş ürün tasarlamak amacıyla çikolatalara dahil etmişlerdir (Şekil 2.10). Çalışmanın sonucunda, peroksit değerleri 14 günlük mikrokapsül depolamasından sonra bile düşük bulunmuştur. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre tüketiciler, mikrokapsüllü çikolatalara göre kontrol çikolatasını daha çok tercih etmişlerdir. Ancak

genel beğeni ortalama puanları 6.0'ın üzerinde olduğundan tüm çikolata örnekleri kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Kapsüllenmiş balık yağının çikolataya katılması ürünün genel kabul edilebilirliğini etkilemiştir, bunun nedeni çoğunlukla balık yağıyla zenginleştirilmiş çikolatanın tat ve aromasının daha düşük puanlara sahip olmasıdır. Zenginleştirilmiş numuneler arasında peynir altı suyu proteini mikrokapsülleri içeren çikolataların tadı ve aroması en yüksek puanları almıştır; bunun nedeni muhtemelen peynir altı suyu proteininin patates veya soya tadından ziyade çikolata tüketimiyle daha fazla ilişkilendirilen sütlü tadı olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Genel olarak mikrokapsüllenmiş balık yağı çikolataya eklendiğinde, mikrokapsülleme tekniğinin maskeleyici özelliklerinden dolayı ürünün duyu kalitesi çok fazla etkilenmemiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Farklı Miktar ve İçerikte Proteinle Stabilize Edilmiş Balık Yağı Mikrokapsülleri

(A) İçeren Çikolata Numunelerinin Görünümü: A) Kontrol Numunesi; B) Patates Proteini; C) Peynir Altı Suyu Proteini; D) Soya Proteini; B1, C1, D1) EPA +DHA İçeriği 100 G Ve 100 Kcal Başına 40 Mg Ve B2, C2, D2) EPA +DHA İçeriği 100 G Ve 100 Kcal Başına 80 Mg Ve Beğenme Çalışmasının Sonuçları (B).

İlyasoglu ve El (2014), tarafından yapılan bir çalışmada, eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) kaynağı olarak, sodyum kazeinat ve arap zamkı arasındaki elektrostatik çekim kullanılarak çok katmanlı ara yüzeylere sahip kapsüllü balık yağının meyve suyu zenginleştirmesinde kullanımı araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, kapsülleme verimliliği ve parçacık boyutu sırasıyla $78.88 \pm$

2.89 ve 232.3 nm olarak bulunmuştur. Çalışmada, 100 ml meyve suyunun zenginleştirilmesinde 40–50–60 mg EPA+DHA içeren balık yağı mikroenkapsülleri kullanılmıştır. İn vitro sindirimden sonra EPA, DHA ve EPA + DHA' nın biyoerişilebilirliği sırasıyla yüzde 56.16 ± 6.39 , 36.25 ± 5.38 ve 47.37 ± 10.65 olarak bulunmuştur. Bu çalışma, stabil protein-polisakkarit komplekslerinin, EPA ve DHA gibi hidrofobik bileşiklerin nanokapsüllenmesi için kullanılabilirliğini ve yağsız veya az yağlı içeceklerin zenginleştirilmesinde faydalı olabileceğini göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırmada balık yağı, ticari olarak piyasada kapsül formunda satışı sunulan balık yağı takviyesinden (Solgar, Omega-3 950 mg) kullanılmıştır. Bal olarak, Erzincan yöresine ait, yoğunlukla sarı diken ve süpürge otu ile diğer yayla florasına sahip bölgede üretilen çiçek balı kullanılmıştır. Mikroenkapsülasyonda kullanılan gam arabik (arap zankı) gıda katkı maddesi satışı yapan bir firmadan, kitozan (Sepenatural) ise fonksiyonel takviye gıda satışı yapan bir firmadan satın alınmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Balık Yağının Mikroenkapsülasyonu

Bu çalışmada, balık yağı, dondurarak kurutma yöntemi ile mikroenkapsüle edilmiştir. Mikroenkapsülasyon, Tokur ve Çınar (2024), yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre, balık yağı ve arap zankı 1:5 oranında karıştırılarak birinci katman kapsülasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve ardından %1 oranında asetik asit çözeltisinde çözdürülen kitosan ile ikinci katman kaplama işlemi yapılmıştır. Elde edilen emülsiyonlar 24 saat buzdolabında sıcaklığında (4 °C ±1) bekletildikten sonra, petri kaplarına ince bir tabaka halinde yayılarak -80 °C 'de dondurulmuştur. Daha sonra donmuş emülsiyonlar liyofilizatörde kurutulmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Dondurarak Kurutulmuş Mikroenkapsüle Balık Yağı

Bala eklenecek olan mikroenkapsüle balık yağı, 100 g ballı karışımda 80 mg EPA + DHA (80 BK), 160 mg EPA+DHA (160 BK), 400 mg EPA+DHA (400 BK),

750 mg EPA+DHA (750 BK) ve 1500 mg EPA+DHA (1500 BK) oranları toplamına karşılık gelecek şekilde eklenmiştir. Bu miktar, mikrokapsülenmiş balık yağındaki yağ asidi kompozisyonuna göre hesaplanmıştır. Mikrokapsüle balık yağı belirlenen miktarda bal içine, 37 °C 'de el ile homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Mikrokapsüle balık yağı eklenmemiş bal kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizlerde örnekleme üç tekerrür olarak yapılmıştır

3.2.2 Mikrokapsülasyon etkinliği (%)

Toz formdaki mikrokapsüllerin yüzey yağ miktarı Sankarikutty ve ark., (1988), uyguladığı şekilde yapılmıştır. Buna göre, yaklaşık 2 g mikrokapsül üzerine 15 mL hekzan eklenmiş ve 185 rpm de 2 dk. karıştırılmıştır. Süspansiyon daha sonra Whatman no. 1 filtre kâğıdı ve kalan kısım her seferinde 20 ml hekzan ile geçirilerek üç kez durulmuştur. Ekstrakte edilmiş yağı içeren filtrat solüsyonu daha sonra hekzanın tamamen buharlaşması için 70 °C'de 6 saat boyunca etüvde bekletilmiştir.

Mikrokapsülasyon etkinliği (ME), aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Aghbashlo ve ark., 2012).

$$ME (\%) = \frac{\text{Toplam yağ} - \text{Yüzey Yağı}}{\text{Toplam Yağ} \times 100} \quad (3.1)$$

3.2.3 Mikrokapsüle Balık Yağında Nem

Mikrokapsüllerin nem içeriği, dondurarak kurutulmuş tozlar (1.5 g) arasındaki ağırlık farkıyla ve 105°C'de 16 saat sonra belirlenmiştir. Sonuçlar % nem olarak hesaplanmıştır (Zhong ve ark., 2009).

3.2.4 Mikrokapsüle Balık Yağının Lipit Kalitesi

Peroksit değeri (PO) analizi, AOCS yöntemi Cd 8-53 (AOCS, 1994) kullanılarak yapılmıştır. Ekstrakte edilen (Bligh ve Dyer, 1959) yağ numunesi tartılarak solvent karışımıyla (yüzde 60 asetik asit/yüzde 40 kloroform, h/h) karıştırılmıştır. Daha sonra yakın zamanda kaynatılmış damıtılmış su içindeki doymuş potasyum iyodür (KI, ACS dereceli) solüsyonu ilave edilmiş ve serbest kalan iyot, nişasta göstergesi kullanılarak sodyum tiyosülfat ile titre edilmiştir. PO aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$PO = [(S-B) \times N \times 1000] / \text{numune ağırlığı} \quad (3.2)$$

Burada B = kör titrasyonu, S = numune titrasyonu, N = Na₂S₂O₃ çözeltisinin normalliğini göstermektedir. Sonuçlar, kilogram yağ başına milieşdeğer peroksit oksijen cinsinden ifade edilmiştir.

Oleik asit yüzdesi olarak ifade edilen serbest yağ asitleri (SYA), AOCS yöntemi Cd 5a-40 (1994)'e göre, (1994), tartılan örneklere etanol eklendikten ve bir gösterge olarak fenolftalein kullanılarak asitimetrik titrasyonla yapılmıştır. SYA konsantrasyonu aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{SYA, oleik asit olarak \%} = \frac{[(\text{alkali hacmi (mL)} \times \text{alkali normalliği} \times 28.2)]}{\text{numune ağırlığı (g)}} \quad (3.3)$$

Mikrokapsüllenmiş balık yağı numunelerindeki tiyobarbitürik asit (TBA) değeri, AOCS yöntemi Cd 19-90 (1998)'e göre tespit edilmiştir. Analiz için yağ numunesi 1-butanol içerisinde çözülmüş, TBA reaktifi (1-butanol içerisinde %0.02) ile karıştırılmış ve 2 saat boyunca 95 °C' lik bir su banyosuna yerleştirilmiştir. Daha sonra soğutulan örneklerdeki ortaya çıkan renkli kompleksin absorbansı 532 nm' de ölçülmüştür. Standart eğrinin belirlenmesi için 1-bütanol içerisinde hazırlanan 0.2 mM 1,1,3,3-tetraetoksipropan kullanılmıştır. TBA değerleri mg malonaldehit/kg yağ olarak ifade edilmiştir.

Mikroenkapsüllerden ekstrakte edilmiş yağ ve ham balık yağından elde edilen yağ asidi metil esterleri (FAME' ler), Ichihara ve ark., (1996) 'nın yöntemlerine göre yapılmıştır. Bunun için, örnekler 2 M metanolik KOH ile hazırlanmış ve karışım 4000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildikten sonra gaz kromatografisi (GC) analizleri için n-heptan tabakası alınmıştır. Yağ asidi analizi, bir (GC) QP2010 Ultra cihazı (Shimadzu, Japan), bir adet alev iyonizasyon dedektörü ve TR-CN100 (100 m uzunluk x 0.25 mm I.D. x 0.20 um Film tichness, USA) kapillar kolonu kullanılarak analiz edilmiştir. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırası ile önce 140 °C 'ye 3 dk. sonra 250 °C'ye ayarlanmıştır. Analiz 50 dakikada tamamlanmıştır. Örnekler 1 µl ve taşıyıcı gazda 250.0 kPa basınçla kontrol edilmiştir. Standart olarak Restek 35077 FAME Mix kullanılmıştır.

3.2.5 Bal ve Bal karışımlarının Kalitesi

3.2.5.1 Nem Analizi

Ballarda ve mikroenkapsüle balı yağı eklenmiş ballı karışımlarda nem dijital Refraktometre (ATAGO RX-5000) cihazı ile Uluslararası Bal Komisyonu yöntemine (IHC, 2009) göre ölçülmüştür. Örnekler, dijital refraktometre 20°C sıcaklıkta saf su ile kalibre edildikten sonra, hazırlanan analiz numunesinin homojen olması için tekrar karıştırılmasının ardından, cihazın prizmasının bulunduğu merkezi konik bölümünü dolduracak şekilde konmuş ve hedeflenen sıcaklığa ulaşıldıktan sonra, % nem ölçüm değerleri kayıt edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Nem Analizi

3.2.5.2 pH- Serbest Asitlik Analizi

Örneklerde pH ölçümü için 10 g numune 1 mg hassasiyetle 250 ml'lik behere tartılmış ve 75 ml karbondioksitsiz su manyetik balık yardımıyla manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak pH-metre (ISTEK Marka, PH-240L) ile ölçülmüştür.

Örneklerin serbest asitlik değerleri, pH 8.3'e kadar titre edilen 1 M NaOH çözeltisi miktarına göre aşağıdaki formül ile hesaplanmış ve mili eşdeğer asit/kg bal olarak ifade edilmiştir (IHC, 2009).

$$A(\text{meq/kg}) = \frac{V \times 1000 \times M}{m} \quad (3.4)$$

V: Harcanan NaOH miktarı

M: Molarite

m: Tartım Miktarı



Şekil 3.3 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Serbest Asitlik-pH Analizi

3.2.5.3 Diastaz Aktivitesi Analizi

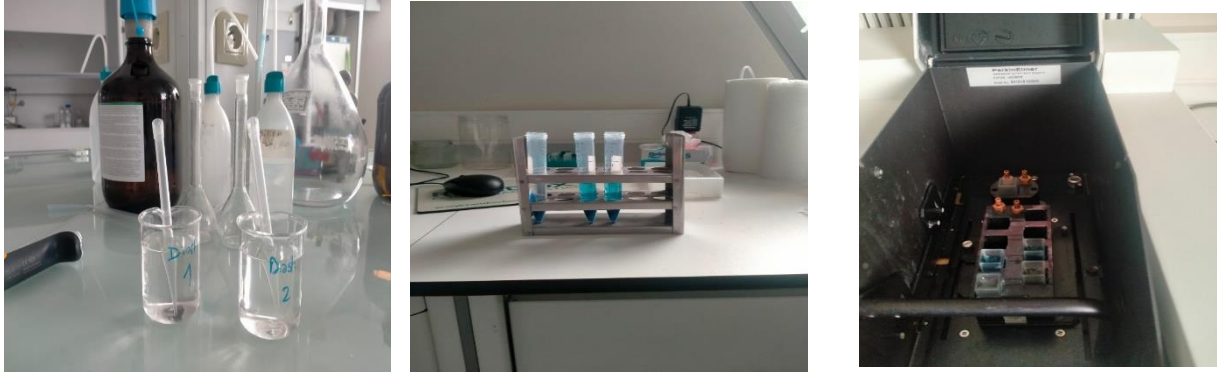
Balda ve mikroenkapsüle balık yağı eklenen ballı karışımlarda diastaz aktivitesi IHC (2009) yöntemine göre yapılmıştır. Bunun için yaklaşık 1.00 g bal asetat tampon çözeltisiyle çözülerek 100 ml' ye tamamlanmıştır. Daha sonra karışımdan 5.0 ml çözelti test tüplerine aktarılmış ve 40 °C' ye ayarlanmış su banyosuna yerleştirilmiştir. 5 dakika sonra iki çözeltiye de birer Phadebas tableti eklenmiş ve kronometre tutulmuştur. Çözeltiler karıştırıcıda tabletler parçalanana kadar (10 sn.) karıştırılmış ve tekrar su banyosuna yerleştirilmiştir. Tepkime tam olarak 30 dakika sonra 1 ml sodyum hidroksit çözeltisi ekleyerek durdurulmuştur. Karışım tekrar 5 sn. kadar karıştırıcıda karıştırılmış ve çözeltiler 3662 devirde 5 dakika santrifüj edildikten sonra 620 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Perkin Elmer, Lambda-25 UV/VIS Spektrofotometre) ölçülmüştür. Elde edilen absorbanslar aşağıdaki formüllere göre hesaplanarak Diastaz Aktivitesi tespit edilmiştir (Şekil 3.4) Tüm prosedür bir saat içerisinde tamamlanmıştır.

- Absorbans değeri (Blank absorbansı çıktıktan sonar kalan değer) 0,190 ve altında ise

$$\text{Diastaz Aktivitesi} = (35,2 \times \text{Numune absorbansı}) - 0,46 \quad (3.5)$$

- Absorbans değeri (Blank absorbansı çıktıktan sonar kalan değer) 0,190' ın üzerinde ise

$$\text{Diastaz Aktivitesi} = (28,2 \times \text{Numune absorbansı}) + 2,64 \quad (3.6)$$



Şekil 3.4 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Diastaz Analizi

3.2.5.4 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarı Analizi

Homojen hale getirilen 5 g örneğin üzerine 40 ml (yaklaşık) saf su eklenerek çözünmesi sağlanmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine 25 ml. metanol eklenerek saf su ile 100 ml' ye tamamlanmıştır. Elde edilen çözeltiler 0,45µm lik filtreden geçirilerek viale alınmış ve HPLC cihazına (Thermo Scientific, Dionex Ultimate 3000) yerleştirilmiştir. Kullanılan HPLC 'nin Kromatografi şartları aşağıdaki gibidir.

Dedektör: Dionex Ultimate 3000 DAD 3000-RS

Kolon Fırın Sıcaklığı: 30°C

Enjeksiyon Hacmi: 20 µl

Akış hızı: 1 ml/dk.

Mobil faz: Su: metanol (90:10 hacimsel olarak)

Kolon: HPLC ODS Hypersil (250 mm x 4,6 mm x 5 µm)

Hazırlanan Standart çözeltiler ile HPLC cihazı bilgisayar yazılımı kullanılarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Kalibrasyon eğrisi, numunenin HMF miktarının (mg/kg) hesaplanmasında seyreltme faktörü ve tartım miktarı ile birlikte kullanılmıştır (IHC, 2009).

3.2.5.5 Şeker Kompozisyonu (Fruktoz, Glukoz, Sakkaroz ve Maltoz) Analizi

Balda ve mikroenkapsüle balık yağı eklenen bal karışımında şeker kompozisyonu analizi HPLC-RID metoduna göre yapılmıştır (IHC, 2009).

2,5 g Fruktoz (CAS: 57-48-7), 2,5 g Glukoz (CAS: 50-99-7), 0,5 g Sakkaroz (CAS: 57-50-1) ve 0,5 g Maltoz (6363-53-7) standardı tartılmış ve 40 ml saf suda çözülerek 25 ml methanol eklenmiş ve 100 ml' e tamamlanmıştır. Ana stok çözeltisinden saf su ile seyreltilerek aşağıdaki konsantrasyonlarda standart çözeltileri hazırlanmıştır;

%2,5 fruktoz ve glikoz ve %0,5 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

%2 fruktoz ve glikoz ve %0,4 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

%1,5 fruktoz ve glikoz ve %0,3 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

%1 fruktoz ve glikoz ve %0,2 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

%0,5 fruktoz ve glikoz ve %0,1 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

%0,25 fruktoz ve glikoz ve %0,05 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

%0,1 fruktoz ve glikoz ve %0,02 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

%0,05 fruktoz ve glikoz ve %0,01 sakkaroz ve maltoz Standart Çözeltisi

Homojen hale getirilen 5 g örneğe 40 ml (yaklaşık) saf su eklenmiş ve daha ve 25 ml. methanol eklenerek saf su ile 100 ml' ye tamamlanmıştır. Elde edilen numune 0,45µm lik filtreden geçirilerek vialer alınmış ve analiz için cihaza yerleştirilmiştir. Kullanılan HPLC nin Kromatografi şartları aşağıdaki gibidir.

Dedektör: Refractive Index Refractomax 521

Kolon Fırın Sıcaklığı: 30°C

Enjeksiyon Hacmi: 20 µl

Akış hızı: 1,3 ml/dk

Mobil faz: Asetonitril:su (80:20 hacimsel olarak)

Kolon: HPLC Amino Gold Kolon (250 mm x 4,6 mm x 5 µm)

Hazırlanan Standart çözeltiler ile HPLC cihazı bilgisayar yazılımı kullanılarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Kalibrasyon eğrisi, numunenin şeker miktarlarının (mg/kg) hesaplanmasında seyreltme faktörü ve tartım miktarı ile birlikte kullanılmıştır.

3.2.5.6 Prolin Analizi

Balda ve mikroenkapsüle balık yağı eklenen ballı karışımlarda prolin analizi IHC (2009) yöntemine göre yapılmıştır. %5 bal solüsyonu, 0.5 ml cam tüpe aktarılmış ve 40 mg prolin standardından tartılarak 50 ml' ye tamamlanmıştır. Böylece, prolin ana stok çözeltisi hazırlanmıştır. 1.5 g ninhydrin 50 ml'lik glycol monomethyleter ile çözöldürölmüş ve %3' lük ninhydrin çözeltisi hazırlanmıştır.

Standartlar için başka bir tüpe 0.5 ml saf su, üç ayrı tüpe de hazırlanan prolin ara stok çözeltisinden (0.8 mg / 25 ml) 0.5'er ml koyulmuştur. Çeker ocak altında tüpe 1 ml formic acid arkasından 1 ml ninhydrin çözeltisi ilave edilmiş ve kapakları sıkıca kapatılarak yüksek devirde 15 dk karıştırılmıştır. Daha sonra kaynayan su banyosunda 15 dk tutulmuştur. Kaynar su banyosundan çıkan tüpler hemen 70°C 'lik su banyosuna alınmış ve 10 dk bekletilmiştir. 10 dk'nın sonunda çıkarılan tüplere 5'er ml %50'lik 2-Propanol çözeltisi ilave edilmiş ve vortexde karıştırılmıştır. 70°C'lik su banyosundan çıkarıldıktan 45 dk sonra çözelti UV-Vis Spektrophotometrede (Perkin-Elmer, UV-VIS Spektrofotometre) 510 nm'de 1 cm'lik küvetler kullanılarak absorbansları ölçölmüştür.

Baldaki prolin miktarı, w_p , mg/kg olarak aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır:

$$Prolin \left(\frac{mg}{kg} \right) = w_p = \frac{E_p}{E_s} \cdot m_1 \cdot \frac{80}{m_2} \quad (3.7)$$

Burada;

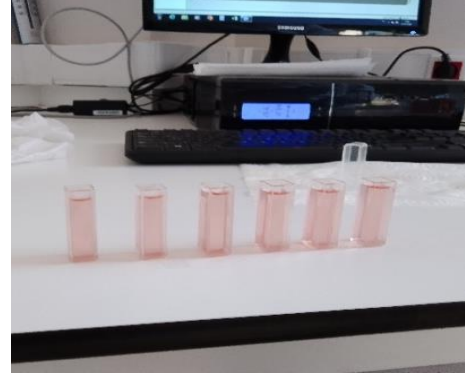
E_p : Numune çözeltisinin absorbansı,

E_s : Prolin standart çözeltisinin ortalama absorbans değeri,

m_1 : Prolin stok çözeltisinin başlangıç numune kütlesi, mg ($m_1 = 40$ mg),

80 : 1 g balın seyreltme faktörü,

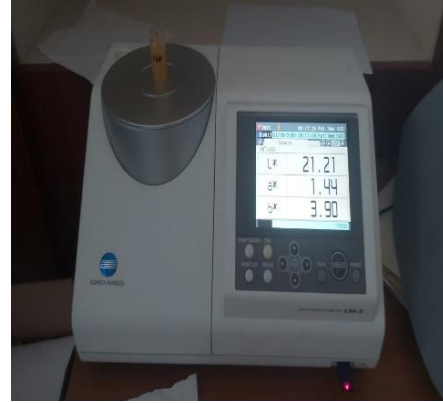
m_2 : Balın başlangıç numune kütlesi, g ($m_2 = 5,0$ g)



Şekil 3.5 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Prolin Analizi

3.2.5.7 Renk Analizi

Bal örneklerinin renk analizleri, renk ölçüm cihazı (Chroma Meter CR-400 Konica Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, renk cihazının toz ve sıvı örnekler için kullanılan ölçüm kabı içerisine, kabın tabanını tamamen kaplayacak kadar örnek yerleştirilmiş ve 3 ayrı noktadan renk ölçümü yapılarak ortalama L* [(0) siyah- (100) beyaz], a* [(+) kırmızı – (-) yeşil] ve b* [(+) sarı – (-) mavi] değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 3.6 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Renk Tayini

3.2.5.8 Duyusal Analiz

Farklı oranlarda mikroenkapsüle balık yağı içeren ballı karışımların duyuşal değerlendirmeleri, Meilgaard ve ark., (1999), tarafından açıklanan yöntemle göre 6 eğitimli panelist tarafından yapılmıştır. Panel üyelerinden dokuz puanlık hedonik ölçek (1 = hiç beğenmedim, 9 = çok beğendim) kullanarak renk, koku, lezzet, tekstür

ve genel kabul edilebilirliğine göre ürünleri kabul edilebilirlik açısından değerlendirmeleri istenmiştir.

3.2.6 İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen sonuçlar, IBM© SPSS© Statistics 25.0 paket paket programı kullanılarak varyans analizine (One -way ANOVA) göre $p<0.05$ önem düzeyinde analiz edilmiştir Gruplar arasındaki fark Duncan's New Multiple Range Test ve t-testi ne göre değerlendirilmiştir (Duncan, 1955).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Mikrokapsülleme Etkinliği (ME, %)

Mikrokapsülleme etkinliği (ME), matris içinde kapsüllenen balık yağının gerçek miktarını yansıtmaktadır. Bu çalışmada, mikroenkapsüle balık yağının mikroenkapsülasyon etkinliği 81.9 ± 3.37 olarak bulunmuştur. Anwar ve Kunz (2011), farklı kurutma yöntemleri kullanılarak hazırlanan mikroenkapsüle balık yağlarının mikroenkapsülasyon etkinliğinin en yüksek %96'nın üzerinde olan spray-granülasyon tekniği ile elde edilenlerde olduğunu bunu %83,62 ile spreylendirilen ve %50'den daha az dondurularak kurutulanlarda olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar, ME değerlerinin, mikrokapsülleri üretmek için kullanılan kurutma yöntemine, serbest yağ miktarına ve kullanılan kaplama malzemelerinin türüne göre değişebileceğini belirtmektedirler. Dondurularak kurutulan mikrokapsüllerin, en yüksek serbest yağ miktarı ve dolayısıyla en düşük ME'ye sahip olduğu vurgulanmaktadır. Yine, Yang ve ark., (2024) spreylendirilen, spreylendirilerek kurutulan, dondurularak kurutulan ve mikrodalga dondurularak kurutmanın balık yağı mikrokapsüllerinin fizikokimyasal özellikleri ve morfolojisini inceledikleri çalışmada, en yüksek kapsülleme verimliliği spreylendirilen (%86,98) ile hazırlanan balık yağı mikrokapsüllerinde elde edilirken bunu spreylendirilerek kurutulan (%77,79), dondurularak kurutulan (%63,29) ve mikrodalga dondurularak kurutmanın (%57,89) takip ettiği bulunmuştur. Araştırmacılar, püskürtülerek kurutulmuş mikrokapsüllerin yüksek kapsülleme verimliliğinin nedeninin, kurutma sırasında dış su fazı duvar malzemesi tarafından bir "sıvı film" yapısının oluşmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Bunun, emülsiyonun atomizör aracılığıyla hızlı bir şekilde küçük damlacıklar halinde atomize edilmesinden ve yağ fazındaki çekirdek malzemeyi kapsüllemesinden meydana geldiği belirtilmektedir. Bu damlacıkların daha sonra makinenin içindeki yüksek sıcaklıktaki hava akışıyla hızlı bir ısı değişimine tabi tutulduğu ve bunun da suyun hızlı bir şekilde buharlaşmasına ve dış katman üzerinde yoğun bir koruyucu film oluşturmasına ve böylece kapsülleme etkilerinin artmasına neden olabileceği belirtilmektedir. Araştırmacılar ayrıca, diğer kurutma yöntemlerinin etkinliğinin daha düşük olmasının sebebini, dondurma işlemi sırasında "sıvı filmi" tahrip eden buz kristallerinin oluşumuyla ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca, buz kristallerinin süblimleşmesi, mikrokapsüllerin yüzeyinde gözenekler oluşturarak çekirdek malzemenin bazı

kısımlarının açığa çıkmasına ve kapsülleme verimliliğinde bir azalmaya neden olduğu belirtilmektedir. Di Giorgio ve ark. (2021), dondurarak kurutulmuşlarda 1:1 (duvar malzemesi: balık yağı) ve 1:4 ((duvar malzemesi: balık yağı)) duvar malzemesiyle oluşturulan mikroenkapsüllerin ME değerlerini sırasıyla %37.05 ve %56.30 olarak bulurken püskürtmeli kurutucuda bu değerleri % 66.93 ve %88.74 olarak bulmuşlardır. Araştırmacıların her iki kurutma yönteminde daha yüksek ME bulmalarının nedeninin daha yüksek oranda duvar malzemesi kullanılmasından kaynaklandığını belirtmektedirler. Bu çalışmada, araştırmacıların buldukları değerlerden daha yüksek ME değerinin (81.9 ± 3.37) bulunmasının nedeninin daha yüksek duvar malzemesi kullanılması (5:1), duvar malzemesi, emülsiyonun hazırlanma yöntemi ve iki katmanlı kaplama yapılmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir (Tokur ve Çınar, 2024).

4.2 Mikrokapsüle Balık Yağının Nemi (%)

Bu çalışmada, mikrokapsüllerin nem içeriği 3.4 ± 0.3 olarak bulunmuştur. Ghannam ve Nemr (2015), duvar malzemesi olarak peynir altı suyunu kullanarak ürettikleri mikroenkapsüle balık yağları ile ilgili çalışmalarında, dondurarak kurutulmuş mikroenkapsüle balık yağlarının nem içeriğinin yağ oranıyla ters oranlı olarak %4.15 ve %4.38 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Anwar ve Kunz (2011), çeşitli kurutma yöntemleri kullanılarak hazırlanan mikrokapsülle balık yağlarının stabilitesi üzerine yaptıkları çalışmada, dondurarak kurutulmuş mikrokapsülle balık yağlarının nem içeriğinin %2.70-%3.23 arasında olduğunu saptamışlardır. Dolly ve ark. (2011), probiyotiklerin mikrokapsülasyonunda benzer sonuçlar gözlemlemiştir. Bu çalışmada, elde edilen nem içeriğinin diğer dondurarak kurutulmuş mikroenkapsüle balık yağlarında bulunan nem içeriğine yakın olduğu görülmektedir. Karthik ve Anandharamakrishnan (2013), dondurularak kurutulmuş mikrokapsüllerin, kurutma için daha geniş yüzey alanına sahip olmasından dolayı püskürtülerek kurutulan ve püskürtülerek dondurularak kurutulan mikrokapsüllerden daha yüksek nem içeriği gösterdiğini bulmuşlardır. Bell ve ark. (2002), suyun katı gıdalardaki kimyasal stabilitesi üzerindeki etkisinin çok boyutlu olduğunu ve reaksiyonların türüne ve sistemin fiziksel özelliklerine bağlı olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca araştırmacılar, suyun, nemi azaltılmış katı maddelerdeki kimyasal reaksiyonları nasıl etkilediğine dair şu anda mevcut tek bir açıklamanın olmadığını belirtmektedir.

4.3 Mikrokapsüle Balık Yağının Kalitesi

Ham balık yağı ve mikroenkapsüle balık yağının serbest yağ asidi (SYA, % oleik asit), peroksit değeri (PO, meq O₂ /kg) ve tiyobarbitürik asit (TBA, mg malonaldehit/kg) değerleri Çizelge 4.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Ham Balık Yağı ve Mikroenkapsüle Balık Yağının SYA (% oleik asit), PO (meq O₂ /kg) ve TBA (mg malonaldehit/kg) Değerleri (Ortalama ± SD)

	Ham Balık Yağı	Mikroenkapsüle Balık yağı
SYA	0.77±0.01	0,65±0.06
PO	2.81±0.35	8,41±0.79*
TBA	0.40± 0.01	0.42±0.02

Aynı satırdaki gruplar arasındaki farklılıklar p<0.05 önem düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir

Bu çalışmada, SYA (% oleik asit), PO (meq O₂ /kg) ve TBA (mg malonaldehit/kg) değerleri ham balık yağında sırasıyla %0.77±0.01 oleik asit, 2.81±0.35 meq O₂ /kg ve 0.40± 0.01 mg malonaldehit/kg olarak bulunurken bu değerler mikroenkapsüle balık yağında sırasıyla %0,65±0.06 oleik asit, 8,41±0.79 meq O₂ /kg ve 0.42±0.02 mg malonaldehit/kg olarak bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analize göre, mikroenkapsüle balık yağlarında peroksit değeri ham balık yağına göre önemli bir şekilde artarken (p<0.05), SYA ve TBA değerleri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).

Peroksit değeri (PO) olarak belirlenen birincil oksidasyon ürünleri, geleneksel olarak tatsız ve kokusuz lipit peroksitlerdir. Peroksit değeri, yağın çıkarıldığı balığın kalitesine, yağ çıkarma yöntemine, ambalaj materyaline ve balık yağının saklama koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. GOED (2008) tarafından belirlenen özelliklere göre balık yağlarının 5 meq O₂/ kg düzeyinde olması belirtilir. Bununla birlikte EFSA (2010) göre ise >10 meq/kg'ın üzerinde olan peroksit değeri balık yağı örneklerinin kötü işleme ve depolama koşulları sebebiyle oluştuğunu belirtir. Bu çalışmada, mikroenkapsülasyon işleminin ardından artan peroksit değerlerinin GOED (2008)’ nin belirlediği limiti aştığı fakat EFSA (2010)’ nın belirlediği limit değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. Bu çalışmada bulunan bulgularla benzer şekilde, Yang ve ark. (2024) dört farklı kurutma sonrasında elde edilen mikrokapsüllerin tümünde PO değerlerinin, ham balık yağından hafifçe daha yüksek

olduğunu bulmuşlardır. Araştışıcılar bunun nedeninin mikrokapsüllemiş emülsiyonların hazırlanması sırasında, emülsiyonların havadaki oksijene ve ışığa maruz bırakılmasını, uzun emülsifikasyon sürelerini ve yüksek emülsifikasyon sıcaklıklarını içerdiğinden dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada da, ham balık yağına göre mikrokapsüle balık yağında daha yüksek peroksit değeri nin çıkmasının nedeninin emülsiyon tekniği ve kurutma yönteminden kaynaklandığı düşünölmektedir (Tokur ve Çınar, 2024). Charles ve ark., (2021), ararot nişastası, maltodextrin ve peynir altı suyu proteininden oluşan farklı duvar malzemeleriyle tuna balık yağından 6 farklı emülsiyon hazırlamış ve bunları dondurarak kurutmuştur. Bu çalışmada bulunan sonuca benzer şekilde, PO değeri lerinin ham balık yağına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Tiyobarbitürik aktif reaktif maddeler (TBARs), lipit peroksidasyon son ürünü malondialdehitin ölçölmesinde yaygın olarak kullanılan bir analiz olan oksitlenmiş PUFA' nın parçalanmasıyla üretilen ikincil oksidasyon ürünlerinden biridir (Tokur ve ark., 2006). Analizde, doymamış yağ asitlerinden açığa çıkan oksidasyon ürünleri tiyobarbitürik asit (TBA) ile reaksiyona girdiğinde oluşan pembe rengin, 532-535 nm' de absorbansının ölçölmesine dayanır, Schormijller (1969) 'a göre, TBA değeri nin iyi bir materyalde 3 mg MA/kg'dan az olması gerektiği bildirilmiştir. Buna göre, çalışmamızdaki tüm balık yağı mikrokapsüllerinin bu sınırı aşmadığı tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştışıcılar tarafından da tespit edilmiştir (Drusch ve ark., 2006; Drusch ve Berg, 2008; Kolanowski ve Laufenberg,2006; Özyurt ve ark., 2022).

Bu çalışmada, yağ aside kompozisyonu sonucunda elde edilen verilere göre, ham balık yağının ve mikrokapsüle balık yağının EPA ve DHA toplamı sırasıyla 734.4 mg/g lipit ve 771.7 mg/g lipit olarak saptanmıştır.

4.4 Mikrokapsüle Balık Yağı Eklenen Ballı Karışımların Kalitesi

4.4.1 Nem

Ham balın ve mikrokapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların nem (%) içerikleri Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Ham Balın ve Mikrokapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Nem İçerikleri (%) (Ortalama \pm SD)

Gruplar	Nem
Ham Bal	16.76 \pm 0.01 ^f
80 BK	16.53 \pm 0.01 ^e
160 BK	16.32 \pm 0.01 ^d
400 BK	16.01 \pm 0.02 ^c
750 BK	15.73 \pm 0.01 ^b
1500 BK	15.28 \pm 0.01 ^a

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler p<0.05 önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir

Taze bal, çiçek kökeni, bal olgunluğu, iklim değişikliği, hasat zamanı ve balın arıcı tarafından uygunsuz şekilde işlenmesi gibi birçok faktör tarafından belirlenen en az %10 ila %25'e kadar nem içeriği içerebilir. Düşük nem içeriği, depolama sırasında balın Maillard reaksiyonuna neden olabilir, yüksek nem içeriği ise geçirgen mayalar tarafından etanol ve karbondioksit oluşumu nedeniyle balın istenmeyen fermantasyonuna neden olabilir. Bu nedenle nem içeriği, balın raf ömründe önemli bir rol oynar. Örneğin yüksek nem içeriği, balın uzun depolama süreleri boyunca fermente olma olasılığını artırır (Wang ve ark., 2023). Codex Alimentarius Standartı ve Türk Gıda Kodeksi (2020/7), balın %20'den fazla su içermemesi gerektiğini belirtmiştir (Toy ve Şahinler, 2022; Wang ve ark., 2023). Bu çalışmada, ham balın nem içeriği %16.76 \pm 0.01 olarak bulunmuştur. Bu değer, belirtilen standartların sınırları içindedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzer şekilde, Karahan Yılmaz ve Eskici (2017), Erzincan yöresinden temin edilen 50 farklı çiçek ballarının nem içeriğinin %16.9 ve %21.4 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Kara ve ark., (2020), bizim bulduğumuz değere benzer şekilde, Erzincan Bölgesinden toplanmış otuz *Astragalus* (*Astragalus microcephalus* Will.) çiçek ballarında nem içeriğinin %14.20 ile %18.39-0 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Yine Şimşek ve ark. (2012) tarafından Türkiye' nin 36 farklı bölgesinden (22 şehir) toplanan ballarda nem içeriğini %15.10 ile %20.0 arasında bulmuşlardır.

Mikroenkapsüle balık yağı eklemenin bal karışımının nem üzerine etkisi incelendiğinde, farklı oranlarda EPA+DHA/100g içeren ballı karışımların nem içeriğinin mikroenkapsüle balık yağı miktarı ile önemli oranda azalttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu azalmanın, istatistiksel olarak tüm gruplar arasında önemi olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Bu nedeninin, karıştırılan mikroenkapsüle balık yağının daha düşük nem içermesinden dolayı oransal bir azalmaya sebep olduğu düşünülmektedir.

4.4.2 pH

Ham balın ve mikroenkapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların pH değerleri Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların pH Değerleri (Ortalama \pm SD)

Gruplar	pH
Ham Bal	3.86 \pm 0.02 ^a
80 BK	4.14 \pm 0.02 ^b
160 BK	4.25 \pm 0.01 ^c
400 BK	4.69 \pm 0.01 ^d
750 BK	5.00 \pm 0.02 ^e
1500 BK	5.27 \pm 0.02 ^f

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler $p<0.05$ önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir

Bal, doğası gereği asidiktir ve pH 'sı 3.2 ila 4.5 arasında değişir (Solayman ve ark., 2016). Balın pH'sı coğrafi kökeninin belirlenmesinde faydalı olmaktadır (Acquarone ve ark., 2007). Bu çalışmada da, ham balın pH sı 3.86 olarak bulunmuştur. Bizim bulduğumuz değere benzer şekilde, Batu ve ark. (2013), Erzincan Bölgesindeki ballarda pH değerini, 3,75-4,89 arasında bulmuştur. Bayram ve ark. (2021) yapmış oldukları bir çalışmada, Bayburt'un farklı bölgelerinden toplanan bal örneklerinin pH 'sını, çiçek ballarının tipik özelliği olan pH 4.5'in altında ve Türkiye'den alınan bal örnekleri için bildirilen aralıkta (pH 3.67) bulunmuştur. Derebaşı ve ark. (2014), Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin pH değerlerini 4.50 ile 6.00 (ortalama değer 5.42 \pm 0.02) arasında bulmuşlardır. Balların pH değerlerinin bölgeler arasında değişmesi, arıların farklı bölgelerde ziyaret ettiği bitkilerin nektar pH

'larındaki farklılıklara bağlı olabileceği gibi toprak pH 'sındaki, sıcaklık ve yağıştaki değişikliklerle de ilişkilendirilebileceği belirtilmektedir (Bayram ve ark., 2021).

Baldaki düşük pH değeri mikroorganizmaların varlığını ve büyümesini engeller. Balın pH değeri aynı zamanda balın kökenini de gösterir. Bu asitliğe, yaklaşık %0.5 (a/h) konsantrasyonunda bulunan bazı önemli organik asitlerin, özellikle de glukonik asitin varlığı neden olur. Glikojenik asit, endojen bir glikoz oksidaz enzimi tarafından glikozun oksidasyonundan üretilir ve son derece güçlü bir antibakteriyel maddedir. Seyreltilmemiş saf balda düşük pH, antibakteriyel potansiyeline katkıda bulunabilir, ancak pH tek başına gıda veya diğer vücut sıvılarında seyreltildiğinde birçok bakteri türünün büyümesini engellemek için yeterli değildir. Balın pH 'sı, ekstraksiyon ve depolama sırasındaki koşullardan da etkilenir ve bu aynı zamanda dokuyu, stabiliteyi ve raf ömrünü de etkiler (Almasaudi, 2021).

Bu çalışmada, bala eklenen mikroenkapsüle balık yağlarının eklenen miktarla orantılı ve önemli bir şekilde pH düzeyini 3.86 düzeyinden 5.27 düzeyine kadar yükselttiği görülmüştür ($p<0.05$). Bunun sebebinin, elde edilen mikroenkapsüle balık yağının pH sınırının yüksek olmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir

4.4.3 Serbest asitlik

Ham balın ve mikroenkapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların serbest asitlik değerleri Çizelge 4.4 de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş 5 Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Serbest Asitlik Değerleri (meq/kg) (Ortalama \pm SD)

Gruplar	Serbest asitlik (meq/kg)
Ham Bal	18.33 \pm 0.19 ^a
80 BK	18.00 \pm 0.58 ^a
160 BK	17.67 \pm 0.51 ^a
400 BK	18.33 \pm 0.19 ^a
750 BK	20.33 \pm 0.51 ^b
1500 BK	22.33 \pm 1.07 ^c

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler $p<0.05$ önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir

Balın serbest asitlik içeriği, bütirik, asetik, formik, laktik, süksinik, piroglutamik, malik ve sitrik asitler gibi organik asitlerin karşılık gelen laktonları veya

iç esterleri ile dengedeki miktarını veya varlığını ve fosfat gibi bazı inorganik iyonların miktarını veya varlığını tanımlar (Codex Alimentarius, 2001). pH değerleri/asitlik, ekstraksiyon, depolama ve işleme için kullanılan ekipman ve malzeme türlerine bağlı olarak da değişebilir. Asitlik arttığında bal bir noktada fermente olur ve ortaya çıkan alkol organik asit haline dönüşür. Böylece balın tadı ekşi olur ve daha az kabul edilir (Mesele, 2021). Yüksek asitlik, şekerlerin organik asitlere fermantasyonunun göstergesi olabilir (Sancho ve ark., 2013). Bal içeriğinin serbest asitliği AB ve FAO/WHO tarafından çiçek balı için genel bal kalitesinin önemli bir gerekliliği olan <50 mg/kg üst sınırı belirlenmiştir (Codex Alimentarius,2001; The Council of the European Union, 2002). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine (2020/7) göre de çiçek ballarında bulunması gereken standart serbest asit değeri maksimum 50 meq/kg olmalıdır. Bu çalışmada, ham balın serbest asitliği 20,67 meq/kg ile standart sınırların altında bulunmuştur. Batu ve ark. (2013), Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgesinde toplanan serbest asitlik değerlerini 6.73-47.07 meq/kg ve 32,49 meq/kg arasında bulmuşlardır. Araştırmacılar, Erzincan yöresinden toplanan balın serbest asitlik değerini 33.07 meq/kg olarak bulmuştur. Uçurum ve ark. (2023), Türkiye’ de 2015-2017 yılları arasında 47 bölgeden kontrollü koşullarda toplanan 373 bal örneğinde, serbest asitliğin 8.00 meq/kg- 46.89 meq/kg arasında değiştiğini ve ortalama 18.57 meq/kg olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacıların Erzincan yöresi ve Türkiye’den toplanan ballarda buldukları bu değerlerin, çalışmada kullandığımız ham balda tespit ettiğimiz serbest asitlikle benzer aralıkta olduğu tespit edilmiştir

Yapılan istatistiksel analize göre, ballı karışımlarda 80 mg EPA+DHA/100 g, 160 mg EPA+DHA/100 g ve 400mg EPA+DHA/100 g oranlarında EPA+DHA içermenin serbest asitlik değerlerinde önemli bir değişime neden olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$). Fakat, ballı karışımlarda 750 mg EPA+DHA/100 g ve 1500 mg EPA+DHA/100 g içermenin serbest asitliği önemli oranda yükselttiği bulunmuştur ($p<0.05$).

4.4.4 Diastaz

Ham balın ve mikroenkapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların diastaz içerikleri Çizelge 4.5’ te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Diastaz İçerikleri (Ortalama \pm SD)

Gruplar	Diastaz
Ham Bal	11.85 \pm 0.08 ^c
80 BK	11.49 \pm 0.08 ^{cb}
160 BK	11.65 \pm 0.07 ^b
400 BK	11.51 \pm 0.15 ^b
750 BK	11.52 \pm 0.04 ^b
1500 BK	11.02 \pm 0.10 ^a

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler $p < 0.05$ önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir

Balı diğer tatlı ürünlerden (reçel ve şurup gibi) ayıran önemli özelliklerden bazıları balda bulunan enzimlerdir. Diastaz baldaki ana enzimlerden biridir. Özellikle pastörize ballarda ısıtılma işleminden dolayı diastaz ve invertaz aktivitesi neredeyse hiç yoktur. Dolayısıyla yüksek diastaz ve invertaz aktiviteleri balın ham olduğunu ve ısıtılmadığını göstermektedir (Cetinkaya ve Bayil-Oguzkan, 2024). Diastaz aktivitesi, balın işleme sırasında aşırı derecede ısıtılıp ısıtılmadığını belirlemek için kullanılan bir bal kalitesi parametresidir. Uluslararası Bal Komisyonu'nun Bal Kalitesi ve Uluslararası Düzenleyici Standartlarına göre diastaz aktivitesi, diastaz sayısı (DN) olarak ifade edilen 8'den küçük olmamalı veya daha fazla olmalıdır (Türk Gıda Kodeksi, 2020). Gothe ölçeği numarasına karşılık gelen Schade ölçeğindeki DN, 100 g bal başına 40 °C'de 1 saatte hidrolize edilen g nişasta olarak tanımlanır. Diastaz aktivitesi, işleme ve harmanlamadan sonra veya tüm perakende ballar için belirlenmesi gereken bir kalite parametresidir (Tosi ve ark., 2008). Codex Alimentarius (1998), doğal düşük enzim içeriğine sahip ballar için minimum diastaz aktivite değerini 3 olarak belirlemiştir. Bu çalışmada, ham balda diastaz değeri 8 sayısının üzerinde bulunmuştur. Diastaz aktivitesi çiçek kaynağına, hava durumuna ve arıcılık prosedürlerine göre değişebilmektedir (Kılıç Altun ve Aydemir, 2024). Yılmaz ve Eskici (2017), tarafından Erzincan Bölgesine ait 35 süzme çiçek balının diastaz sayılarının 4.5-19.4 arasında değiştiği ve 35 süzme çiçek bal örneğinin sadece 8’inde, diastaz sayısının belirtilen standart değere uymadığı belirlenmiştir. Batu ve ark.,

(2013), Erzincan yöresinden temin edilen balın diastaz sayısının 17.9 olduğunu saptamıştır. Belli (2019), bu çalışmada bulunan diastaz sayısına benzer şekilde, Türkiye'nin Muğla ilinden toplanan ballarda diastaz sayısının 3.38-13.18 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Bu çalışmada, yapılan istatistiksel analiz sonucunda, 160 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlarda diastaz aktivitesinin önemli oranda düştüğü bulunmuştur ($p<0.05$). 80 BK, 160 BK ve 750 BK grupları arasında diastaz sayısı bakımından önemli bir fark bulunmazken ($p>0.05$), 1500 BK' nin diğer gruplara göre önemli düzeyde daha az diastaz sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Diastaz sayısının gruplar arasındaki bu farklılığının oransal bir etki olduğu düşünülmektedir.

4.4.5 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği

Ham balın ve beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların (80 mg EPA+DHA (80 BK), 160 mg EPA+DHA (160 BK), 400 mg EPA+DHA (400 BK), 750 mg EPA+DHA (750 BK) ve 1500 mg EPA+DHA (1500 BK) 5-hidroksimetilfurfural (HMF) içerikleri Çizelge 4.6' de verilmiştir.

Çizelge 4.6 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların HMF (mg/ kg) içerikleri (Ortalama \pm SD)

Gruplar	Hidroksimetilfurfural (HMF)
	(mg/ kg)
Ham Bal	31.30 \pm 0.02 ^e
80 BK	31.42 \pm 0.16 ^e
160 BK	28.85 \pm 0.27 ^d
400 BK	26.06 \pm 0.28 ^c
750 BK	22.61 \pm 0.07 ^b
1500 BK	19.39 \pm 0.16 ^a

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler $p<0.05$ önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir.

Enzimatik olmayan bir Maillard reaksiyonu ürünü veya asit ortamında heksoz dehidrasyon ürünü olan HMF, balın tazeliğinin bir parametresi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Küçük ve ark., 2007). Zamanla artma eğilimi gösteren HMF, genellikle taze hasat edilmiş bir numunede tespit edilemez. HMF, basit şekerlerin, özellikle fruktozun parçalanması sonucu ortaya çıkar. Isıtma, depolama koşulları,

balın pH' sı ve bal dışında başka bir kaynaktan gelen basit şekerlerle karıştırma HMF içeriğini değiştiren önemli faktörlerdir (Pasiyas ve ark., 2017).

Codex Alimentarius Şeker Komitesi (2001) tarafından HMF değeri, bal için maksimum 40.00 mg/ kg, bal ve bu balların karışımları için maksimum 80.00 mg/ kg olarak belirlenmiştir. Türk Standartları Enstitüsü ise HMF düzeyini maksimum 40 mg/kg olarak belirlemiştir. Bu çalışmada, ham balın HMF düzeyi 31.30 ± 0.02 mg/ kg olarak bulunmuştur. Bu değer ile çalışmada kullanılan balın HMF düzeyinin belirlenen standartlar içinde olduğu görülmektedir.

Kara ve ark., (2020), Erzincan yöresinden elde edilen çiçek ballarının ortalama 9.75 mg/kg HMF içerdiğini ve 1.54-47.81 mg/kg aralığında olduğunu saptamıştır. Araştırmacılar ayrıca, sadece 1 bal örneğinin 47.8 mg/kg HMF değeri ile standardın üzerinde olduğunu belirlemiştir. Cetinkaya ve Bayil-Oguzkan (2024), Erzurum bölgesinden toplanan ham ballardaki HMF düzeyini 39.25 mg/kg olarak saptamıştır. Simsek ve ark. (2012) tarafından Türkiye'nin 22 ilinde doğrudan arıcılardan toplanan 31 bal örneğinin HMF düzeyleri, 1.15 ile 38.98 mg/kg aralığında saptanmıştır. Araştırmacılar, Erzincan ilinin 8 farklı bölgesinden elde edilen balların HMF düzeyinin ise ortalama 8.10 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Tornuk ve ark., (2013), yirmi Türk çiçek balı örneğini değerlendirmiş ve HMF içeriklerinin taze bal olarak değerlendirilebilecek 0 ila 4.12 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bulmuşlardır. Bu çalışmada, kullanılan balın HMF düzeyinin, Türkiye'nin farklı bölgelerinden analiz edilen balların sahip olduğu ortalama değerlerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Uzun süreli depolama veya yüksek sıcaklıklara maruz kalma HMF seviyesini artırmaktadır. Bu çalışmada kullanılan bal, 4 ay kadar yaz aylarında depolandıktan sonra kullanılmıştır. Dolayısıyla, bu araştırmada elde edilen yüksek HMF düzeyinin toplanan bal örneklerinin analizden önce depolanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, ballı karışımlarda farklı miktarlarda EPA+DHA oranına sahip olmak için bala eklenen mikroenkapsüle balık yağının miktarı arttıkça HMF düzeyinin 31.42 ± 0.16 mg/kg düzeyinden 19.39 ± 0.16 mg/kg' a önemli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu azalmanın oransal olarak bala eklenen mikrokapsüllerin miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4.6 Şeker Kompozisyonu

Ham balın ve mikroenkapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların şeker kompozisyonu (fruktoz, glukoz, sakkaroz ve maltoz) Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Şeker Kompozisyonu (Fruktoz, Glukoz, Sakkaroz ve Maltoz) (Ortalama \pm SD)

Gruplar	Şeker Kompozisyonu			
	Fruktoz	Glukoz	Sakkaroz	Maltoz
Ham Bal	36.96 \pm 0.08 ^e	31.34 \pm 0.03 ^d	0.20 \pm 0.01 ^a	1.39 \pm 0.01 ^a
80 BK	36.79 \pm 0.22 ^{de}	30.48 \pm 0.13 ^c	0.24 \pm 0.01 ^b	1.66 \pm 0.00 ^c
160 BK	36.44 \pm 0.04 ^{cd}	30.57 \pm 0.29 ^c	0.22 \pm 0.00 ^{ab}	1.64 \pm 0.01 ^c
400 BK	36.21 \pm 0.06 ^c	30.22 \pm 0.02 ^c	0.20 \pm 0.02 ^a	1.57 \pm 0.02 ^b
750 BK	35.07 \pm 0.07 ^b	29.62 \pm 0.15 ^b	0.24 \pm 0.02 ^b	1.54 \pm 0.02 ^b
1500 BK	32.87 \pm 0.19 ^a	28.13 \pm 0.09 ^a	0.23 \pm 0.00 ^{ab}	1.43 \pm 0.02 ^a

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler p<0.05 önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir.

180'den fazla bileşen içeren bal, yaklaşık olarak 75.2 g 100 g⁻¹ karbonhidrat içermektedir. Baldaki başlıca şekerler fruktoz, glikoz, sakkaroz, maltoz ve melezitozdur. Baldaki şekerlerin %75'i monosakkaritler, %10-15'i disakkaritler ve az miktarda diğer şekerlerden oluşmaktadır. Balın ana monosakkaritleri, glikoz ve fruktozdur. Baldaki fruktoz ve glikoz, nektardaki karbondan arındırılmış şekerlerin arılar tarafından salgılanan enzimler tarafından kimyasal dönüşümünden elde edilmektedir.

Bal Kodeksi Standardına göre, glikoz ve fruktozun toplam yüzdesi %60'tan fazla olmalıdır. Bu çalışmada da, hem ham balda hem de mikroenkapsüle balık yağı içeren ballı karışımlarda glikoz ve fruktoz toplamının %60'ı geçtiği saptanmıştır. Erejuwa ve ark., (2012), balın fruktoz içeriğinin %21.0 ile %43.5 arasında ve fruktoz/glikoz oranının ise 0.46 ile 1.62 arasında değiştiğini bulmuşlardır. İyi kalitede bir balın fruktoz ve glikoz toplamı 60g/100g'dan az, sakkaroz içeriği ise 5g/100g'den fazla olmaması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışmada, sakkarozun %0,5' den az olduğu Çizelge 4.3'te de görülmektedir. Ayrıca, ham balın maltoz içeriği bu da %4'lük Kodeks sınırına uygun olarak %1.39 \pm 0.01 olarak bulunmuştur. Balın şeker içeriğinin botanik kökenden, coğrafi kökenden, iklimden, işleme ve depolamadan etkilendiği

belirlenmektedir (Wang ve ark., 2023). Balın olgunluğunun bir göstergesi olarak azaltılmış şekerler (fruktoz ve glikoz) ve sakkaroz kullanılabilir (Dominguez ve ark., 2016). Guo ve ark. (2020) olgun bal örneklerinin toplam şeker içeriğinin 73.22 ± 2.71 olduğunu, olgunlaşmamış bal örneklerinin ise 61.11 ± 2.09 olduğunu saptamıştır. Olgun bal ile karşılaştırıldığında olgunlaşmamış bal daha düşük fruktoz, glikoz ve sakkaroz içermektedir. Ayrıca sakkaroz içeriği, balın kimliğinin doğrulanması açısından önemli bir parametredir. Yüksek sakkaroz içeriği, balın erken üretildiğini, sakkarozun tamamen glikoz ve fruktoza dönüştürülmediğini veya ürünün ticari katkı maddeleri ile karıştırıldığını gösterebilir.

Karahan Yılmaz ve Eskici (2017), Erzincan yöresine ait ballarda fruktoz+glikoz değerini % 49.5-77.9 arasında, sakkaroz içeriğini % 0.1-15.3 arasında ve fruktoz/glikoz oranlarını 0.74-1.29 arasında bulmuştur. Batu ve ark., (2013), Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgesinden toplanan 14 bal örneğinin früktoz değerinin %34.0-%43.12, glikoz değerinin %28.37-%37.46 ve sakkaroz değerlerinin ise %2.19-%5.25 arasında değiştiğini saptamışlardır. Bu çalışmada bulunan şeker oranları, literatürdeki oranlara yakın değerler olup büyük farklılıklar arz etmediği saptanmıştır.

Ham bal ile karşılaştırıldığında, 100 g da 80 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlarda fruktoz miktarı istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir ($p>0.05$). Fakat, 160 mg EPA+DHA/100 g içeren grupla daha yüksek EPA+DHA/100 g içeren ballı karışımlarda fruktoz miktarının önemli oranda azaldığı ve 36.96 ± 0.08 düzeyinden 32.87 ± 0.19 düzeyine kadar düştüğü saptanmıştır ($p<0.05$). Ham balla karşılaştırıldığında, bala mikroenkapsüle balık yağı eklemek glukoz düzeyi üzerinde önemli bir azalmaya sebep olmuştur ($p<0.05$). Ham balın içerdiği sakkaroz ve maltoz ile en yüksek düzeyde EPA+DHA içeren ballı karışımların (1500 mg EPA+DHA /100 g) sakkaroz ve maltoz düzeyleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Bu çalışmada, şeker kompozisyonundaki farklılıkların oransal olduğu düşünülmektedir.

4.4.7 Prolin

Ham balın ve mikroenkapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların prolin değerleri (mg/kg) Çizelge 4.8 de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Ham Balda ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Prolin Değerleri (mg/kg) (Ortalama \pm SD)

Gruplar	Prolin (mg/kg)
Ham Bal	522.0 \pm 83.99 ^b
80 BK	515.1 \pm 77.17 ^b
160 BK	520.8 \pm 02.82 ^b
400 BK	530.0 \pm 17.68 ^b
750 BK	494.20 \pm 11.72 ^a
1500 BK	491.6 \pm 48.33 ^a

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler $p < 0.05$ önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir

Prolin, bal arılarının nektarı bala dönüştürme sürecinde tükürük salgıları nedeniyle balda en çok bulunan serbest amino asittir. Balın prolin içeriği, balın kalitesini ve antioksidan aktivitesini belirleyen bir göstergedir ve aynı zamanda balın bitki kökenli kaynağını belirlemek için de kullanılır (Da Silva ve ark., 2016). Prolin içeriği balın olgunlaşma durumunu ve bazen şeker sahtekarlığı uygulamalarını da gösterir ve IHC tarafından balın olgunluğunu belirtmek için minimum 180 mg kg⁻¹ düzeyi tavsiye edilir (Bogdanov ve ark., 1999). Çiçek balının protein içeriği yaklaşık %1.0-1.5 iken, çam balında bu miktar %3.0 civarındadır. Amino asitlerin miktarı %1.0'dır ve prolin, toplam amino asitlerin %50-85'ini oluşturan ana bileşendir (Pawlowska ve Armstrong, 1994). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine (2020/7) göre, çiçek ballarında bulunması gereken standart prolin miktarı minimum 300 mg/kg olmalıdır. Bu çalışmada, ham balın belirtilen sınırlarda 522.0 mg/kg prolin içerdiği saptanmıştır. Gürbüz ve ark. (2020), Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinden toplanan toplam 68 bal örneğinde prolin miktarını ortalama 420 \pm 174 mg/kg (117,15–933,49) olarak bulmuşlardır. Demir ve Bayram (2018), Türkiye'nin farklı bölgeleri (Erzurum, Giresun, Hakkari, Rize) elde ettikleri bal örneklerinin prolin değerlerini ise 617,76 mg/kg (Erzurum), 692,88 mg/kg (Giresun), 696,09 mg/kg (Hakkari), 526,61 mg/kg (Rize 1), 503,46 mg/kg (Rize 2), 640 mg/kg (Rize 3), 682,66 mg/kg (Rize 4) ve 622,93 mg/kg (Rize 5) olarak belirlemişlerdir. Yılmaz ve Küfrevioğlu (2001)'nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinden toplanan ballarda yaptıkları çalışmada, prolin değerleri 300-860 mg/kg aralığında bulunmuştur. Bu çalışmada bulduğumuz

prolin miktarı, diğer çalışmalarda Türkiye' nin farklı bölgelerinden toplanan bal örneklerinde bulunan değerlere yakın olduğu saptanmıştır.

Ham bal ve ballı karışımlarda 80 mg EPA+DHA, 160 mg EPA+DHA ve 400 mg EPA+DHA içeren gruplarda prolin miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmazken ($p>0.05$), 750 mg EPA+DHA ve 1500 mg EPA+DHA içeren gruplarda kendi aralarında ve diğer gruplara göre daha düşük prolin içerdiği tespit edilmiştir. Bu azalmanın bala eklenen mikroenkapsül içeriğinden dolayı oransal olduğu düşünülmektedir.

4.4.8 Renk

Ham balın ve mikroenkapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların renk değerleri L^* (koyu/açıklık (0 siyah, 100 beyaz), a^* (- a yeşillik, + a kırmızılık) ve b^* (- b mavilik, + b sarılık) cinsinden ölçülmüştür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Renk Değerleri (L^* , a^* ve b^*) (Ortalama \pm SD)

Gruplar	L^*	a^*	b^*
Ham Bal	18.24 \pm 1.15 ^a	0.63 \pm 0.60 ^a	-1.65 \pm 0.01 ^a
80 BK	19.85 \pm 0.04 ^b	1.02 \pm 0.01 ^{ab}	1.03 \pm 0.02 ^b
160 BK	21.20 \pm 0.03 ^c	1.04 \pm 0.01 ^{ab}	3.89 \pm 0.04 ^c
400 BK	34.26 \pm 0.16 ^d	1.11 \pm 0.01 ^{ab}	7.68 \pm 0.15 ^d
750 BK	36.67 \pm 0.23 ^e	1.14 \pm 0.01 ^{ab}	9.31 \pm 0.26 ^e
1500 BK	45.18 \pm 0.06 ^f	1.37 \pm 0.01 ^b	12.66 \pm 0.06 ^f

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler $p<0.05$ önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir.

Balın rengi, berraktan kehribar tonlarına, neredeyse siyaha kadar değişmekte, bazen de daha yaygın olarak parlak sarı, yeşilimsi veya kırmızımsı olmaktadır (Da Silva ve ark., 2016). Balın görsel olarak incelenmesi, onun botanik kökeninin, ısıl işlemlerin derecesinin ve fermente ürünler gibi kusurların varlığının değerlendirilmesine yardımcı olabilmektedir (Doner, 2003). Renk, balda en çok değişen parametrelerden biridir. Balın rengi aynı zamanda kül içeriğine, balın kovanda kaldığı sıcaklığa ve depolama süresine de bağlıdır (Gámbaro ve ark., 2007). Birçok ülkede balın fiyatı rengiyle ilişkilidir ve açık renkli ballar (örneğin *Robinia*

pseudoacacia, *Citrus spp.*) genellikle en yüksek fiyata sahiptir (Bradbear, 2009). Aksine, koyu renkli ballar (örneğin tatlı özsu balı, *Castanea sativa Mill.* veya *Arbutus unedo L.*) belirli bölgelerde daha fazla rağbet görmektedir. Balın rengi ve elektriksel iletkenliği arasında pozitif bir korelasyon olduğu iyi bilinmektedir (González-Miret ve ark., 2005; Mărghitaş ve ark., 2009). Yapılan çalışmalarda, balın rengi ile toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi (FRAP ve DPPH analizleri ile belirlenen) arasında da bir korelasyon olduğu bulunmuştur (Bertoncelj ve ark., 2007).

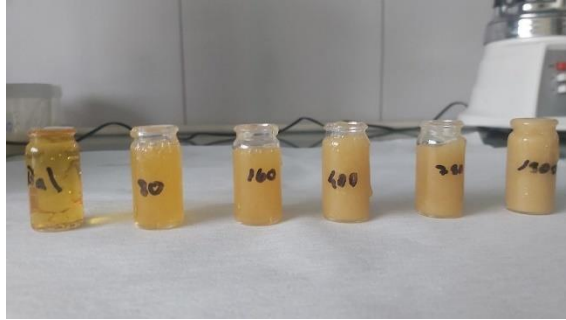
Farklı spektrofotometrik sistemler arasında tristimulus CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) renklilik koordinatları, insanın görsel algısının ölçeğiyle karşılaştırılabilir olması nedeniyle en çok kullanılan koordinatlardır (Aubert ve France, 1986). CIE, renk uzayındaki rengi hesaplamak için Kartezyen koordinatları kullanırken, CIE, kutupsal koordinatları kullanır. Renk, genellikle üç bileşene ayrılan kromatik özelliklerle tanımlanır: açıklık, renk tonu ve kroma (veya doygunluk). CIE 1976'ya (CIE, 2004) göre, açıklık (L^*) rengin siyaha mı yoksa beyaza mı yakın olduğunu, renk tonu (h^*) ise bir nesnenin algılanan rengini (örneğin sarı, kırmızı, mavi veya yeşil), ve kroma (C^*) bir rengin doygunluğunu, canlılığını veya saflığını tanımlar: yüksek değerler zengin ve tam renklere, düşük değerler ise donuk ve grimsi renklere karşılık gelir. Codex Alimentarius Şeker Komitesi (2001), balın renginin neredeyse renksizden koyu kahverengiye kadar olması gerektiğini belirtmiştir.

Bu çalışmada, ham balda L^* değeri $18,24 \pm 1,15$, a^* değeri $0,63 \pm 0,60$ ve b^* değeri $-1,65 \pm 0,01$ olarak bulunmuştur. Açık renkli bal sınıfına ilişkin L değerinin 50 veya 50'den yüksek olduğu, koyu renkli balların ise 50' nin altında L değerine sahip olduğu yönünde bir genelleme vardır (Kara ve ark., 2020). Çalışmadaki balın a^* değeri incelendiğinde, yeşil renge yakın olduğu, b^* değerine göre ise mavi renge yakın olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen L^* değerine göre çalışmamızdaki bal koyu renkli bir baldır. Koca ve ark., (2018), 2015 yılında Türkiye'de Artvin, Edirne, Kastamonu, Kocaeli, Samsun, Sinop ve Rize gibi illerin 25 farklı bal üreticisinden topladığı kestane (*Castanea sativa Mill.*) balının L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla 19.72-25.11 (22.52 ± 1.58), $-0.04-1.82$ (0.93 ± 0.53) ve $3.15-6.98$ (5.26 ± 1.06) olarak bulmuşlardır. Kara ve ark. (2020), Erzincan bölgesinden toplanan çiçek ballarının Hunter renk değerleri olarak (L , a , b) L^* değerini 72-78, a^* değerini 7-16 ve b^*

değerini ise 58-78 aralığında bulmuşlardır. Tuberoso ve ark., (2014), 17 tek çiçekli türden 305 bal örneğinin renk değerlerini incelemiştir. Bu ballardaki açıklık (L*) değeri, sırasıyla sulla çiçeği, kara keçiboynuzu, çirişotu, karabuğday, nane ve özsu balı için 91.5, 87.2, 86.7, 41.3, 44.2 ve 47.1 olarak bulunmuştur. a* ve b* değerlerinin düzlemsel koordinatlarına göre bal numuneleri için tipik sarı ve kırmızı bileşenlere sahip olduğu ve tüm b* değerleri pozitif ve a* değerlerinin çoğu 0'dan yüksek olduğu bulunmuştur. Yine Boussaid ve ark., (2018), Tunus'un farklı bölgelerinden altı bal örneğini değerlendirmiş ve L* değerinin 36,64 ila 51,37 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Balın L* değeri tüketici tercihleri nedeniyle önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmacılar, biberiye balının a* 'nın negatif değerleri olan yeşil rengi gösterirken, nane balının en yüksek kırmızılığa sahip olduğunu ve onu okaliptüs balının izlediğini bulmuşlardır. Çalışmada, kekik, portakal, okaliptüs tazı ve nane ballarında b* bileşeni için 10 ile 20 arasında değerler aldığı görülmüştür. Becerril-sánchez ve ark., (2021) tarafından yapılan bir çalışmada ise, 22 botanik orjine ait ballarda L* değerlerinin 3.32- 45.46–56.33, a* değerlerinin 1.42-109.03 ve b* değerlerinin ise 2.52- 59.98 arasında değiştiği bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen renk değerlerinin kestane balının renk değerlerine daha benzediği, diğer çiçek ballarına göre ise L*, a* ve b* değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Farklı oranlarda mikroenkapsüle balık yağı eklenen bal karışımlarının L* değerlerinin tüm gruplarda önemli bir fark yarattığı ve eklenen miktara paralel olarak L* değerinin artış gösterdiği bulunmuştur ($p<0.05$). Tüm gruplar arasındaki en yüksek L* değeri $45,18 \pm 0,06$ ile mikroenkapsülasyonun en çok eklendiği 100 g' da 1500 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlarda saptanmıştır. Balın ve bal karışımlarının a* değeri incelendiğinde, sadece mikroenkapsülasyonun en çok eklendiği (1500 mg EPA+DHA/100 g) bal karışımında önemli bir fark meydana geldiği ($p<0.05$) fakat diğer gruplar arasında önemli bir etkinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Çizelge 4.9' da görüldüğü gibi, balın b* değeri $-1,65 \pm 0,01$ olarak bulunmuştur. Mikroenkapsüle balık yağı eklenen bal karışımlarında ise, eklenen miktara paralel olarak önemli bir etki gösterdiği ve b* değerinin eklenen miktarlarla orantılı bir artış sağladığı görülmüştür ($p<0.05$). Buradan elde edilen sonuca göre, mikroenkapsüle balık yağının bal karışımına eklenmesiyle ortaya çıkan L* değeri ile bal karışımının renginin beyaza yaklaştığı ve b* değeri ile ise daha sarı renge yaklaştığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.8).

Mikroenkapsüle balık yağı eklemenin a* değeri için ise sadece son grupta daha kırmızı renge sebep olduğu bulunmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Ham Balın ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Renk Analizi

4.4.9 Duyusal Değerlendirme

Renk, koku, lezzet, tekstür ve genel kabul edilebilirlik parametreleri bakımından panelistler tarafından değerlendirilen ham bal ve mikroenkapsüle balık yağı eklenmiş beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların duyusal değerlendirmesi Çizelge 4.10 ve Şekil 4.2' de gösterilmiştir.

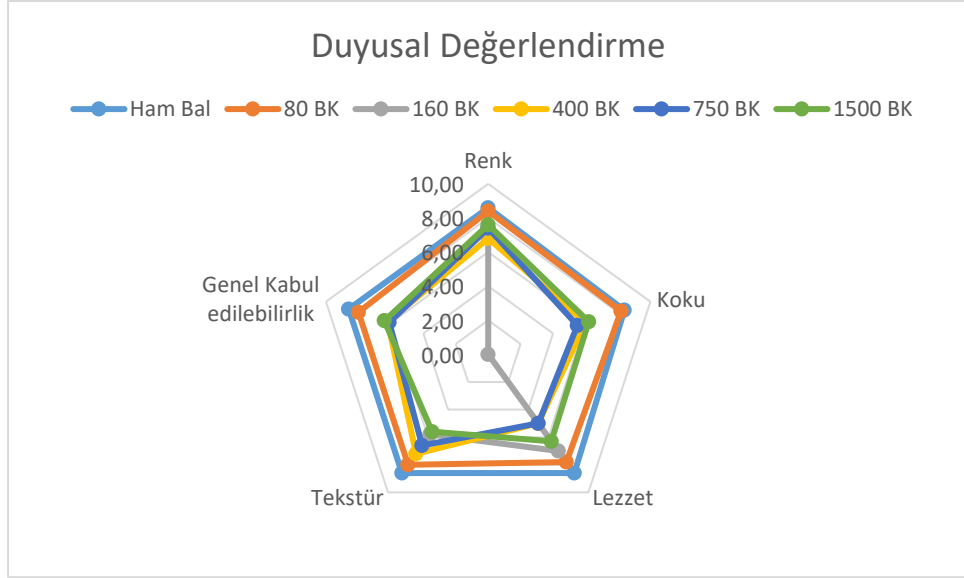
Çizelge 4.10 Ham Bal ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Duyusal Değerlendirmesi (Ortalama \pm SD)

Gruplar	Renk	Koku	Lezzet	Tekstür	Genel Kabul edilebilirlik
Ham Bal	8.6 \pm 0.5 ^b	8.4 \pm 0.5 ^b	8.6 \pm 0.5 ^c	8.6 \pm 0.5 ^c	8.6 \pm 0.5 ^c
80 BK	8.4 \pm 0.5 ^{ab}	8.2 \pm 0.4 ^b	7.8 \pm 0.4 ^{bc}	8.0 \pm 0.0 ^{bc}	8.0 \pm 0.0 ^{bc}
160 BK	7.4 \pm 0.8 ^{ab}	5.4 \pm 1.0 ^a	6.4 \pm 1.4 ^b	7.0 \pm 1.1 ^{ba}	5.8 \pm 1.7 ^a
400 BK	6.8 \pm 2.0 ^a	6.0 \pm 1.1 ^a	5.0 \pm 2.3 ^a	7.2 \pm 0.4 ^{bc}	6.2 \pm 1.2 ^a
750 BK	7.4 \pm 1.0 ^{ab}	5.5 \pm 1.6 ^a	5.0 \pm 1.2 ^a	6.6 \pm 1.4 ^{ba}	6.1 \pm 1.3 ^a
1500 BK	7.6 \pm 0.8 ^{ab}	6.2 \pm 0.4 ^a	6.3 \pm 1.8 ^{ba}	5.6 \pm 1.5 ^a	6.4 \pm 1.0 ^{ba}

*Aynı sütunlar arasındaki farklı harfler p<0.05 önem düzeyindeki farklılıkları göstermektedir

Bu çalışmada renk değerleri incelendiğinde, ham bala ve diğer gruplara göre özellikle 100 g da 400 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlar, panelistlerin puanlamasında önemli bir azalma göstermiştir (p<0.5). Diğer grupların ise renk bakımından önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür (p>0.05).

Koku açısından değerlendirildiğinde, panelistlerin verdiği puanlar bakımından ham bal ile 100 g da 80 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken ($p>0.05$), panelistler 100 g da 80 mg' dan daha yüksek EPA+DHA içeren karışımlara önemli düzeyde daha düşük puanlar vermişlerdir ($p<0.05$).



Şekil 4.2 Ham Bal ve Mikroenkapsüle Balık Yağı Eklenmiş Beş Farklı Oranda EPA+DHA İçeren Ballı Karışımların Duyusal Değerlendirmesi

Panelistler, ham bal ve 100 g da 80 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlara lezzet bakımından istatistiksel olarak benzer puanlar verirken ($p>0.05$), 100 g da 80 mg' dan daha yüksek EPA+DHA içeren karışımlara önemli düzeyde daha düşük puanlar vermişlerdir ($p<0.05$).

Tekstür açısından ham bal, 100 g da 80 mg EPA+DHA ve 100 g da 400 mg EPA+DHA içeren ballı karışımların arasında önemli bir fark bulunmazken ($p>0.05$), diğer grupların ham bala göre daha düşük puanlar aldığı görülmektedir ($p<0.05$).

Genel Kabul Edilebilirlik bakımından en yüksek puanlar panelistler tarafından ham bal ve 100 g da 80 mg EPA+DHA içeren ballı karışıma verilirken ($p<0.05$), 100 g da 80 mg' dan daha yüksek EPA+DHA içeren ballı karışımlar ise istatistiksel olarak daha düşük puanlar almışlardır ($p<0.05$).

Genel olarak panelistler; renk, koku, lezzet, tekstür ve genel kabul edilebilirlik parametrelerine göre en çok puanı 100 g da 80 mg EPA+DHA içeren ballı karışıma

vermişlerdir. Her ne kadar 100 g 80 mg' dan daha yüksek EPA+DHA içeren ballı karışımlar panelistler tarafından düşük puanlar olsa da tüm karışımlar kabul edilebilir sınırlar içinde puanlar almışlardır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, EPA (Eikosapentaenoik asit) ve DHA (Dokosaheksaenoik asit) açısından zengin balık yağı mikrokapsüllenmiş ve Erzincan yöresinden temin edilen polifloral yayla balına 100 g' da 80-160-400-750-1500 mg EPA+DHA içerek şekilde eklenerek ballı karışımlar elde edilmiştir. Böylece elde edilen ballı karışımların çok doymamış yağ asitlerini taşıyan bir aracı olup olmayacağı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal olarak değerlendirilmiştir. Buna göre, bu çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir.

Çalışmada, mikrokapsüle balık yağının nem içeriği (%) ve mikrokapsülleme etkinliği (ME, %) sırasıyla 3.4 ± 0.3 ve 81.9 ± 3.37 olarak bulunmuştur.

SYA (% oleik asit), PO (meq O₂ /kg) ve TBA (mg malonaldehit/kg) değerleri bakımından ham balık yağı ile mikrokapsüle balık yağı incelendiğinde, PO değerinin istatistiksel olarak önemli bir biçimde arttığı ($p < 0.05$), fakat diğer lipid kalite parametrelerinin önemli bir değişikliğe uğramadığı bulunmuştur ($p > 0.05$).

Ham balın HMF düzeyi Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği' ne (2020/7) uygun çıkmıştır. 100 g da beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımlarda 5-hidroksimetilfurfural (HMF) düzeyi önemli oranda azalmıştır ($p < 0.05$).

Bu çalışmada, hem ham balda hem de mikrokapsüle balık yağı içeren tüm ballı karışımlarda glikoz ve fruktoz toplamının %60'ı geçtiği, sakkarozun ise %0,5' den az olduğu tespit edilmiştir. Ham balla karşılaştırıldığında, bala mikrokapsüle balık yağı eklemek glukoz düzeyini önemli oranda azaltmıştır ($p < 0.05$).

Ham balda ve diğer tüm ballı karışımlarda diastaz aktivitesi 8 sayısının üzerinde bulunmuştur. Bala özellikle 100 g da 80 mg daha yüksek EPA+DHA içeren ballı karışımların diastaz düzeyinde önemli bir azalma meydana gelmiştir ($p < 0.05$).

Ham balda nem 16.76 ± 0.01 olarak bulunmuştur. Bala mikrokapsüle balık yağı eklemek ballı karışımların tümünde nemin azalmasına sebep olmuştur.

Ham balın pH ve serbest asitliği sırasıyla 3.86 ± 0.02 ve 18.33 ± 0.19 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, bala eklenen mikrokapsüle balık yağlarının ballı karışımların pH düzeyini 3.86' den 5.27' e kadar yükselttiği saptanmıştır ($p < 0.05$).

Ayrıca, 100 g ballı karışımlarda 750 mg EPA+DHA/100 g ve 1500 mg EPA+DHA/100 g içermenin serbest asitliği önemli oranda yükselttiği bulunmuştur ($p<0.05$).

Ham bal, 100 g da 80 mg, 160 mg ve ve 400 mg EPA+DHA içeren ballı karışımların prolin miktarı bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmazken ($p>0.05$), 750 mg ve 1500 mg EPA+DHA içeren ballı karışımların kendi aralarında ve diğer gruplara göre daha düşük prolin içerdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Mikroenkapsüle balık yağının bala eklenmesiyle elde edilen bal karışımının L* değeri, mikroenkapsüle balık yağı miktarının artışıyla daha beyaza ve b* değeri ise daha sarı renge yaklaşmıştır. Ham bala mikroenkapsüle balık yağı eklemenin a* değeri için ise sadece 100 g' da 1500 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlarda istatistiksel olarak fark yarattığı ($p<0.05$) ve daha kırmızı renge sebep olduğu bulunmuştur.

Ham bal ve beş farklı oranda EPA+DHA içeren ballı karışımların duysal değerlendirmesi panelistler tarafından renk, koku, lezzet, tekstür ve genel kabul edilebilirlik parametreleri ile değerlendirilmiştir. 100 g ballı karışımda 80 mg EPA+DHA içeren grubun koku hariç diğer tüm parametrelerinde ham bala yakın puanlar aldığı bulunmuştur. Koku olarak ise bal karışımları “biraz iyi (6)” ve “yorumsuz (5)” olarak tanımlanan puanları almışlardır.

Bu çalışmanın sonucunda, özellikle “yüksek omega-3” kaynağı olarak etiketlenebilecek 100 g' da 80 mg EPA+DHA içeren ballı karışımlar, hem ham balın kalite kriterlerini çok değiştirmedeği için hem de panelistler tarafından duysal olarak ham bala en yakın puanlar aldığı için bu ürünlerin potansiyel yağ asidi dağıtım aracı olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Bunun yanında, daha fazla EPA+DHA tüketimini sağlayabilmek için 100 g' da 80 mg' dan daha yüksek EPA+DHA içeren karışımların tüketici tarafından daha çok tercih edilebilecek duysal parametrelere ulaşması gerektiği ve bunun içinde panelistlerin özellikle daha yüksek EPA+DHA içeren karışımlarında rahatsızlık veren balık yağı kokunun baskılanması için daha farklı duvar malzemeleriyle mikroenkapsülasyonun denenmesi önerilmektedir.

Bal gibi tüketimi her kitleye yayılmış bir ürünle hazırlanan karışımların, insanların günlük EPA+DHA ihtiyacını karşılamada etkili olabileceği, mikroenkapsülasyon ile tüketimi daha kabul edilebilir düzeye getirilen balık yağının

içerdiği besin elementlerinin bu şekilde daha geniş kitlelere ulaştırılabileceği düşünülmektedir. Ancak, ülkemizde su ürünleri tüketimi ile karşılanması daha zor olan, özellikle ω -3 çoklu doymamış yağ asitleri olmak üzere tüm besin elementlerinin yeterli ve dengeli şekilde alınabilmesine olanak sağlayacak bu tür ürünleri oluşturabilmek için bu ve benzeri çalışmaların artırılması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abou-Saleh, H., Ouhtit, A., Halade, G. V., & Rahman, M. M. (2019). Bone benefits of fish oil supplementation depend on its EPA and DHA content. *Nutrients*, *11*(11). <https://doi.org/10.3390/nu11112701>
- Acquarone, C., Buera, P., & Elizalde, B. (2007). Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry*, *101*(2), 695-703. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.058>
- Aghbashlo, M., Mobli, H., Madadlou, A., & Rafiee, S. (2012). The correlation of wall material composition with flow characteristics and encapsulation behavior of fish oil emulsion. *Food Research International*, *49*(1), 379-388. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.031>
- Akanda, Md. K. M., Mehjabin, S., & Parvez, G. M. M. (2024). Honey for Nutrition and Health Benefits: An Overview. İçinde *Honey in Food Science and Physiology* (ss. 33-56). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3565-5_2
- Alexander, D. D., Miller, P. E., Van Elswyk, M. E., Kuratko, C. N., & Bylsma, L. C. (2017). A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials and Prospective Cohort Studies of Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic Long-Chain Omega-3 Fatty Acids and Coronary Heart Disease Risk. *Mayo Clinic Proceedings*, *92*(1), 15-29. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.10.018>
- Al-Himyari, F. (2009). The Use Of Honey As A Natural Preventive Therapy of Cognitive Decline And Dementia In Iraq. *Alzheimers & Dementia*, *5* (4). <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2009.04.248>
- Ali, M. M., & Radad, K. (2011). *Cod liver oil/honey mixture: An effective treatment of equine complicated lower leg wounds 1 2*. www.veterinaryworld.org
- Almasaudi, S. (2021). The antibacterial activities of honey. İçinde *Saudi Journal of Biological Sciences* (C. 28, Sayı 4, ss. 2188-2196). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.017>
- Amza, M., Haj Hamoud, B., Sima, R. M., Dinu, M. D., Gorecki, G. P., Popescu, M., Gică, N., Poenaru, M. O., & Pleş, L. (2024). Docosahexaenoic Acid (DHA) and Eicosapentaenoic Acid (EPA)—Should They Be Mandatory Supplements in Pregnancy? İçinde *Biomedicines* (C. 12, Sayı 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/biomedicines12071471>
- Anonim. (2001a). *Codex Standard for Honey Codex Stan 12-1981 1*.
- Anonim. (2001b). *Council Directive 2001/110/EC*.
- Anonim. (2002). *DIRECTIVE 2002/65/EC Of The European Parliament and Of The Council*.
- Anonim. (2004). *International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids Report on Dietary Intake of Essential Fatty Acids International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids Report of the Sub-Committee on Recommendations for Intake of Polyunsaturated Fatty Acids In Healthy Adults Index*.

- Anonim. (2009). *Harmonised Methods of The International Honey Commission*. http://www.phadebas.com/applications/food/distase_in_honey
- Anonim. (2010). *Directive 2010/63/EU of The European Parliament and of The Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes (Text with EEA relevance)*.
- Anonim. (2013). Annual Report of the EFSA Journal 2012. *EFSA Supporting Publications*, 10(4). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.EN-418>
- Anonim. (2014). *DIRECTIVE 2014/63/EU Of The European Parliament and Of The Council*.
- Anonim. (2019a). Honey. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/3/ca4657en/CA4657EN.pdf>
- Anonim. (2019b). *TÜİK Kurumsal*.
- Anonim. (2021a). *Towards sustainable food systems. national pathway of Turkey*. https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%20Kurulu%C5%9Flar/NATIONAL%20PATHWAY%20OF%20TURKEY_29%20Kas%C4%B1m.pdf
- Anonim. (2021b). *Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği*.
- Anonim. (2023a). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- Anonim. (2023b). *Türkiye İstatistik Kurumu Veri Tabanı*.
- Anwar, S. H., & Kunz, B. (2011). The influence of drying methods on the stabilization of fish oil microcapsules: Comparison of spray granulation, spray drying, and freeze drying. *Journal of Food Engineering*, 105(2), 367-378. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.047>
- Aprillia, R., Maigoda, T. C., Suryani, D., Wahyudi, A., & Rizal, A. (2024). Potential Combination of Roselle Flower Water Honey and Dates on Blood Pressure in Hypertensive Patients. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 12(2), 841-852. <https://doi.org/10.12944/crnfsj.12.2.28>
- Ares, A. M., Valverde, S., Bernal, J. L., Nozal, M. J., & Bernal, J. (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. İçinde *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* (C. 147, ss. 110-124). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.08.009>
- Arnold, L. E., Young, A. S., Belury, M. A., Cole, R. M., Gracious, B., Seidenfeld, A. M., Wolfson, H., & Fristad, M. A. (2017). Omega-3 fatty acid plasma levels before and after supplementation: Correlations with mood and clinical outcomes in the omega-3 and therapy studies. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 27(3), 223-233. <https://doi.org/10.1089/cap.2016.0123>
- Asari, M. A., Zulkaflee, M. H., Sirajudeen, K. N. S., Mohd Yusof, N. A., & Mohd Sairazi, N. S. (2019). Tualang honey and DHA-rich fish oil reduce the production of pro-inflammatory cytokines in the rat brain following exposure to chronic stress. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 14(4), 317-323. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2019.06.004>

- Ashagrie Tafere, D. (2021). Chemical composition and uses of Honey: A Review. *Journal of Food Science and Nutrition Research*, 04(03). <https://doi.org/10.26502/jfsnr.2642-11000072>
- Atayoğlu, A. T., Soylu, M., Silici, S., & İnanç, N. (2016). Glycemic index values of monofloral turkish honeys and the effect of their consumption on glucose metabolism. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 46(2), 483-488. <https://doi.org/10.3906/sag-1502-102>
- Aubert, S., & France, M. G. (1986). Colour Grading of Honey. İçinde *Apiacta* (C. 4).
- Barreiros, J., Cepeda, A., Franco, C., Nebot, C., & Vázquez, B. (2024). Analysis of minerals in honey and their nutritional implications. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Battino, M., Forbes-Hernández, T. Y., Gasparri, M., Afrin, S., Cianciosi, D., Zhang, J., Manna, P. P., Reboredo-Rodríguez, P., Varela Lopez, A., Quiles, J. L., Mezzetti, B., Bompadre, S., Xiao, J., & Giampieri, F. (2019). Relevance of functional foods in the Mediterranean diet: the role of olive oil, berries and honey in the prevention of cancer and cardiovascular diseases. İçinde *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (C. 59, Sayı 6, ss. 893-920). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1526165>
- Batu, G. T. E. D. C., Küçük, A., & Çimen, E. (2013). Determination of the Physicochemical and Biochemical Values of Flower Honeys Obtained from Eastern Anatolia and Eastern Black Sea Regions. İçinde *Electronic Journal of Food Technologies* (C. 8, Sayı 1). Dergisi. www.teknolojikarastirmalar.com
- Bayram, N. E., Kara, H. H., Can, A. M., Bozkurt, F., Akman, P. K., Vardar, S. U., Çebi, N., Yılmaz, M. T., Sağdıç, O., & Dertli, E. (2021). Characterization of physicochemical and antioxidant properties of Bayburt honey from the North-east part of Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 46-56. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1812806>
- Becerril-sánchez, A. L., Quintero-salazar, B., Dublán-garcía, O., & Escalona-buendía, H. B. (2021). Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. İçinde *Antioxidants* (C. 10, Sayı 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/antiox10111700>
- Belli, T. (2019). *Muğla İlinde Üretilen Balların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri* [Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Bentabol Manzanares, A., Hernández García, Z., Rodríguez Galdón, B., Rodríguez Rodríguez, E., & Díaz Romero, C. (2014). Physicochemical characteristics of minor monofloral honeys from Tenerife, Spain. *LWT*, 55(2), 572-578. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.024>
- Bertoncelj, J., Doberšek, U., Jamnik, M., & Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2), 822-828. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.060>

- Bhandari, B., D'Arcy, B., & Kelly, C. (1999). Rheology and crystallization kinetics of honey: Present status. *International Journal of Food Properties*, 2(3), 217-226. <https://doi.org/10.1080/10942919909524606>
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *The National Research Council of Canada*, 37(8), 911-917.
- Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., von der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Oddo, L. P., Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Piro, R., Flamini, C., Morlot, M., Lhéritier, J., Borneck, R., Marioleas, P., Tsigouri, A., Kerkvliet, J., Ortiz, A., Ivanov, T., ... Vit, P. (1999). Honey quality and international regulatory standards: Review by the international honey commission. *Bee World*, 80(2), 61-69. <https://doi.org/10.1080/0005772x.1999.11099428>
- Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(2), 265-274. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.08.011>
- Bradbear, N. (2009). *Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products*.
- Calder, P. C. (2015). Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health. İçinde *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* (C. 39, ss. 18S-32S). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>
- Cavia, M. M., Álvarez, C., Huidobro, J., Fernández-Muiño, M., & Sancho, M. T. (2008). Evolution of hydroxymethylfurfural content of honeys from different climates: Influence of induced granulation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(1), 88-94. <https://doi.org/10.1080/10253890701560176>
- Cabrero, G., Sanhueza, O., Pezoa, M., Báez, M. E., Martínez, J., Báez, M., & Fuentes, E. (2020). Relationship among the minor constituents, antibacterial activity and geographical origin of honey: A multifactor perspective. *Food Chemistry*, 315. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126296>
- Cetinkaya, T., & Bayil-Oguzkan, S. (2024). Physicochemical Characteristics of Astragalus Honey Obtained from Erzurum Province. *Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, 28. www.isres.org
- Chang, C., & Nickerson, M. T. (2018). Stability and in vitro release behaviour of encapsulated omega fatty acid-rich oils in lentil protein isolate-based microcapsules. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(1), 12-23. <https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1336513>
- Charles, A. L., Abdillah, A. A., Saraswati, Y. R., Sridhar, K., Balderamos, C., Masithah, E. D., & Alamsjah, M. A. (2021). Characterization of freeze-dried microencapsulation tuna fish oil with arrowroot starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloids*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106281>
- Chatterjee, S., & Judeh, Z. M. A. (2016). Microencapsulation of fish oil. *Lipid Technology*, 28(1), 13-15. <https://doi.org/10.1002/lite.201600002>

- Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparini, M., Reboredo-Rodríguez, P., Manna, P. P., Zhang, J., Lamas, L. B., Flórez, S. M., Toyos, P. A., Quiles, J. L., Giampieri, F., & Battino, M. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. İçinde *Molecules* (C. 23, Sayı 9). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>
- Costa, P. A., Moraes, I. C. F., Bittante, A. M. Q. B., Sobral, P. J. A., Gomide, C. A., & Carrer, C. C. (2013). Physical properties of honeys produced in the Northeast of Brazil. *International Journal of Food Studies*, 2(1), 118-125. <https://doi.org/10.7455/ijfs/2.1.2013.a9>
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. İçinde *Food Chemistry* (C. 196, ss. 309-323). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Demir, E., & Bayram, N. E. (2018). Specifying Some Quality Characteristics of Monofloral and Multifloral Honey Samples. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 3(46), 417-423. <https://doi.org/10.15671/hjbc.2018.249>
- Derebaşı, E., Bulut, G., Col, M., Güney, F., Yaşar, N., & Ertürk, Ö. (2014). *Physicochemical and Residue Analysis of Honey from Black Sea Region of Turkey*.
- Di Giorgio, L., Salgado, P. R., & Mauri, A. N. (2021). Fish oil encapsulated in soy protein particles by lyophilization. Effect of drying process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(1), 206-213. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11347>
- Dolly, P., Anishaparvin, A., Joseph, G. S., & Anandharamakrishnan, C. (2011). Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (mtcc 5422) by spray-freeze-drying method and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Microencapsulation*, 28(6), 568-574. <https://doi.org/10.3109/02652048.2011.599435>
- Dominguez, M. A., Jacksén, J., Emmer, Å., & Centurión, M. E. (2016). Capillary electrophoresis method for the simultaneous determination of carbohydrates and proline in honey samples. *Microchemical Journal*, 129, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.05.017>
- Doner, L. W. (2003). Honey. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*, 2, 3125-3130.
- Duncan, D. B. (1955). *Multiple Range and Multiple F Tests* (C. 11, Sayı 1).
- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., & Wahab, M. S. A. (2012). Fructose might contribute to the hypoglycemic effect of honey. İçinde *Molecules* (C. 17, Sayı 2, ss. 1900-1915). <https://doi.org/10.3390/molecules17021900>
- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., Wahab, M. S., Sirajudeen, K. N. S., Salleh, M. S. M. D., & Gurtu, S. (2010). Action protectrice anti-oxydante du miel malésien Tualang sur le pancréas de rats normaux ou diabétiques induits par la streptozotocine. *Annales d'Endocrinologie*, 71(4), 291-296. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2010.03.003>
- Escuredo, O., Míguez, M., Fernández-González, M., & Carmen Seijo, M. (2013). Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European

Atlantic area. *Food Chemistry*, 138(2-3), 851-856.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.015>

- Eştürk, O., & Aydın, S. (2021). *Ardahan Balının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri*.
- Fröschle, M., Horn, H., & Spring, O. (2018). Characterization of *Jatropha curcas* honeys originating from the southern highlands of Madagascar. *LWT*, 93, 525-533. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.006>
- Gamaleldin, M., Abraham, I., Meabed, M., Elberry, A., Abdelhalim, S., Waggas, D., & Hussein, R. (2023). Comparative effectiveness of adding omega-3 and Manuka honey combination to conventional therapy in preventing and treating oxidative stress in pediatric β -thalassemia major – a randomized clinical trial. İçinde *European Review for Medical and Pharmacological Sciences* (C. 27).
- Gámbaro, A., Ares, G., Giménez, A., & Pahor, S. (2007). *Preference Mapping of Colour of Uruguayan Honeys*.
- Ghannam, E. M., & Nemr, E. T. (2015). *Encapsulation Efficiency, Microstructure and Oxidation Stability of Fish Oil Encapsulated Powder Made by Using whey Protein Concentrate*.
- Ghorbanzade, T., Jafari, S. M., Akhavan, S., & Hadavi, R. (2017). Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt. *Food Chemistry*, 216, 146-152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.022>
- Gleiter, R. A., Horn, H., & Isengard, H. D. (2006). Influence of type and state of crystallisation on the water activity of honey. *Food Chemistry*, 96(3), 441-445. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.051>
- GOED. (2008). *Webinar for “The global organization for EPA & DHA omega-3s”*.
- González-Miret, M. L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernández-Recamales, M. Á., & Heredia, F. J. (2005). Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2574-2580. <https://doi.org/10.1021/jf048207p>
- Gökmen, V., & Morales, F. (2014). *Encyclopedia of Food Safety*.
- Guldas, M., Gurbuz, O., Cakmak, I., Yildiz, E., & Sen, H. (2022). Effects of honey enrichment with *Spirulina platensis* on phenolics, bioaccessibility, antioxidant capacity and fatty acids. *LWT*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112461>
- Guo, N., Zhao, L., Zhao, Y., Li, Q., Xue, X., Wu, L., Gomez Escalada, M., Wang, K., & Peng, W. (2020). Comparison of the Chemical Composition and Biological Activity of Mature and Immature Honey: An HPLC/QTOF/MS-Based Metabolomic Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(13), 4062-4071. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07604>
- Gültekin Bilgin, M., Güneş Bayır, A., Özkan, B., Özman, Z., Babalı Balıbey, F., Turgay, F., Karakaş, İ., Köse, N., Sevinç, T., Selçuk, T., & Öztürk, N. (2022). *Evaluation of Some Physico-chemical and Antioxidant Characteristics of Commercial Honey Samples Originated from Different Regions of Turkey*.
- Gürbüz, S., Çakici, N., Mehmetoğlu, S., Atmaca, H., Demir, T., Arigül Apan, M., Atmaca, Ö. F., & Güney, F. (2020). Physicochemical Quality Characteristics of

- Southeastern Anatolia Honey, Turkey. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8810029>
- Güzel, N., & Bahçeci, K. S. (2020). Çorum Yöresi Ballarının Bazı Kimyasal Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi. *Gıda*, 45(2), 230-241. <https://doi.org/10.15237/gida.gd19129>
- Hadnađev, M., Kalić, M., Krstonođić, V., Jovanović-Lješković, N., Erceg, T., Škrobot, D., & Dapčević-Hadnađev, T. (2023). Fortification of chocolate with microencapsulated fish oil: Effect of protein wall material on physicochemical properties of microcapsules and chocolate matrix. *Food Chemistry: X*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100583>
- Hermosín, I., Chicón, R. M., & Cabezudo, M. D. (2003). Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83(2), 263-268. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00089-X)
- Ichi Ichihara A*, K. ', Shibahara, A., Yamamoto, K., & Nakayama, T. (1996). *An Improved Method for Rapid Analysis of the Fatty Acids of Glycerolipids*.
- Iglesias, M. T., Martín-Álvarez, P. J., Polo, M. C., De Lorenzo, C., González, M., & Pueyo, E. (2006). Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(24), 9099-9104. <https://doi.org/10.1021/jf061712x>
- Iliá, G., Simulescu, V., Merghes, P., & Varan, N. (2021). The health benefits of honey as an energy source with antioxidant, antibacterial and antiseptic effects. *Içinde Science and Sports (C. 36, Sayı 4, ss. 272.e1-272.e10)*. Elsevier Masson s.r.l. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.10.005>
- Ilyasoglu, H., & El, S. N. (2014). Nanoencapsulation of EPA/DHA with sodium caseinate-gum arabic complex and its usage in the enrichment of fruit juice. *LWT*, 56(2), 461-468. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.002>
- Jamshidi, A., Cao, H., Xiao, J., & Simal-Gandara, J. (2020). Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. *Içinde Food Research International (C. 137)*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109353>
- Jamshidi, A., Shabanpour, B., Pourashouri, P., & Raeisi, M. (2018). Using WPC-inulin-fucoidan complexes for encapsulation of fish protein hydrolysate and fish oil in W1/O/W2 emulsion: Characterization and nutritional quality. *Food Research International*, 114, 240-250. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.066>
- Jeyakumari, A., Zynudheen A.A., & Parvathy U. (2016). Microencapsulation of Bioactive Food Ingredients and Controlled Release - A Review. *MOJ Food Processing & Technology*, 2(6). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.02.00059>
- Kadri, S. M., Zaluski, R., & Orsi, R. de O. (2017). Nutritional and mineral contents of honey extracted by centrifugation and pressed processes. *Food Chemistry*, 218, 237-241. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.071>
- Kara, Y., Şahin, H., & Kolaylı, S. (2020). Geographical Fingerprint Of Astragalus (Astragalus Microcephalus Willd.) Honey Supplied from Erzincan Region Of

- Turkey. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(2), 123-131.
<https://doi.org/10.31467/uluaricilik.722696>
- Karabagias, I. K., Badeka, A., Kontakos, S., Karabournioti, S., & Kontominas, M. G. (2014). Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Chemistry*, 146, 548-557.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.105>
- Karabagias, I. K., Louppis, A. P., Karabournioti, S., Kontakos, S., Papastefanou, C., & Kontominas, M. G. (2017). Characterization and geographical discrimination of commercial Citrus spp. honeys produced in different Mediterranean countries based on minerals, volatile compounds and physicochemical parameters, using chemometrics. *Food Chemistry*, 217, 445-455.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.124>
- Karadağ, A., Hermund, D. B., Jensen, L. H. S., Andersen, U., Jónsdóttir, R., Kristinsson, H. G., Alasalvar, C., & Jacobsen, C. (2017). Oxidative stability and microstructure of 5% fish-oil-enriched granola bars added natural antioxidants derived from brown alga *Fucus vesiculosus*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(4). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500578>
- Karageorgou, D., Rova, U., Christakopoulos, P., Katapodis, P., Matsakas, L., & Patel, A. (2023). Benefits of supplementation with microbial omega-3 fatty acids on human health and the current market scenario for fish-free omega-3 fatty acid. İçinde *Trends in Food Science and Technology* (C. 136, ss. 169-180). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.04.018>
- Karahan Yılmaz, S., & Eskici, G. (2017). Erzincan İlinde Üretilen Balların Biyokimyasal Özellikleri. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(2017-2), 36-42. <https://doi.org/10.13002/jafag1120>
- Karthik, P., & Anandharamkrishnan, C. (2013). Microencapsulation of Docosahexaenoic Acid by Spray-Freezing-Drying Method and Comparison of its Stability with Spray-Drying and Freezing-Drying Methods. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2780-2790. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-1024-1>
- Khawar Balwan, W., Saba, N., & Balwan, K. (2021). Study of Role of Fish Oil in Human Health. *Glob Acad J Med Sci*, 3(1), 14-18.
<https://doi.org/10.36348/gajms.2021.v03i01.002>
- Kılıç Altun, S., & Aydemir, M. E. (2024). Effects of prophylactic propylene glycol administration at calving on subclinical ketosis in Holstein dairy cows. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 9(1), 1-9.
<https://doi.org/10.31797/vetbio.1374657>
- Koca, I., Tekguler, B., Turkyilmaz, B., & Tasci, B. (2018). Some physical, chemical and antioxidant properties of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) honey produced in Turkey. *Acta Horticulturae*, 1220, 227-233.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1220.32>
- Kohler, C. (2010). The EU health claims regulation: Impact on the marine lipids. *OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides*, 17(4), 214-218.
<https://doi.org/10.1684/ocl.2010.0315>

- Kolanowski, W., & Laufenberg, G. (2006). Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. İçinde *European Food Research and Technology* (C. 222, Sayı 3-4, ss. 472-477). <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0089-8>
- Kolaylı, S., Boukraa, L., Şahin, H., & Abdellah, F. (2012). *Dietary Sugars in Context*. www.rsc.org
- Kris-Etherton, P. M., Grieger, J. A., & Etherton, T. D. (2009). Dietary reference intakes for DHA and EPA. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 81(2-3), 99-104. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2009.05.011>
- Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100(2), 526-534. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.010>
- Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. de, Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A. (2018). Composición y propiedades de la miel de Apis mellifera: una revisión. İçinde *Journal of Apicultural Research* (C. 57, Sayı 1, ss. 5-37). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>
- Makrides, M. (2009). Is there a dietary requirement for DHA in pregnancy? *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 81(2-3), 171-174. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2009.05.005>
- Mărghitaş, L. A., Stanciu, O. G., Dezmirean, D. S., Bobiş, O., Popescu, O., Bogdanov, S., & Campos, M. G. (2009). In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115(3), 878-883. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.014>
- Mato, I., Huidobro, J. F., Simal-Lozano, J., & Sancho, M. T. (2006). Analytical methods for the determination of organic acids in honey. İçinde *Critical Reviews in Analytical Chemistry* (C. 36, Sayı 1, ss. 3-11). <https://doi.org/10.1080/10408340500451957>
- Mehta, J., Rayalam, S., & Wang, X. (2018). Cytoprotective effects of natural compounds against oxidative stress. İçinde *Antioxidants* (C. 7, Sayı 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/antiox7100147>
- Meilgaard, Morten., Civille, G. Vance., & Carr, B. Thomas. (1999). *Sensory evaluation techniques*. CRC Press.
- Mesele, T. L. (2021). Review on physico-chemical properties of honey in Eastern Africa. İçinde *Journal of Apicultural Research* (C. 60, Sayı 1, ss. 33-45). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1754566>
- Miguel, M. G., Antunes, M. D., & Faleiro, M. L. (2017). Honey as a complementary medicine. İçinde *Integrative Medicine Insights* (C. 12, ss. 1-15). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/1178633717702869>
- Mohammed, N. K., Tan, C. P., Manap, Y. A., Muhiaddin, B. J., & Hussin, A. S. M. (2020). Spray Drying for the Encapsulation of Oils—A Review. İçinde *Molecules* (C. 25, Sayı 17). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules25173873>

- Mohan, A., Quek, S.-Y., Gutierrez-Maddox, N., Gao, Y., & Shu, Q. (2017). Effect of honey in improving the gut microbial balance. *Food Quality and Safety*. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx015>
- NationMaster. (2023). *Bee Products*. <https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/honey-production-fao>
- Niza, K. N., Dyah Puspasari, F., Yakpermas Banyumas, P., & Keperawatan, D. (2023). Pemberian Madu Murni Dalam Menurunkan Tekanan Darah Pada Lansia Hipertensi. *Kharisma Niza N dkk.) Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(7), 2986-6340. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8299955>
- Oliveira, H., Blocquel, C., Santos, M., Fretigny, M., Correia, T., Gonçalves, A., Cabado, A. G., López, L. B., Raaholt, B. W., Ferraris, F., Iacoponi, F., Cubadda, F., Mantovani, A., Vallet, E., Vlaemynck, G., Fernández-Arribas, J., Eljarrat, E., López, E., López de Alda, M., ... Nunes, M. L. (2021). Semi-industrial development of nutritious and healthy seafood dishes from sustainable species. *Food and Chemical Toxicology*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112431>
- Omotayo, E. O., Gurtu, S., Sulaiman, S. A., Wahab, M. S. A., Sirajudeen, K. N. S., & Salleh, M. S. M. (2010). Hypoglycemic and antioxidant effects of honey supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 80(1), 74-82. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000008>
- Othman, Z., Shafin, N., Zakaria, R., Hussain, N. H. N., & Mohammad, W. M. Z. W. (2011). Improvement in immediate memory after 16 weeks of tualang honey (Agro Mas) supplement in healthy postmenopausal women. *Menopause*, 18(11), 1219-1224. <https://doi.org/10.1097/gme.0b013e31821e2044>
- Özge Toy, N., & Şahinler, N. (2022). Önemli Bir Arı Ürünü Olan Balın Kalite Parametreleri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(sp1), 2841-2847. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10isp1.2841-2847.5859>
- Özyurt, G., Sakarya, Y., & Durmuş, M. (2022). Chemical and physical characterization of spray dried fish oil with different combination ratios of wall component. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12). <https://doi.org/10.1111/jfpp.17223>
- Palma-Morales, M., Huertas, J. R., & Rodríguez-Pérez, C. (2023). A Comprehensive Review of the Effect of Honey on Human Health. İçinde *Nutrients* (C. 15, Sayı 13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu15133056>
- Pasias, I. N., Kiriakou, I. K., & Proestos, C. (2017). HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229, 425-431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.084>
- Pasupuleti, V. R., Arigela, C. S., Gan, S. H., Salam, S. K. N., Krishnan, K. T., Rahman, N. A., & Jeffree, M. S. (2020). A review on oxidative stress, diabetic complications, and the roles of honey polyphenols. İçinde *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (C. 2020). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2020/8878172>

- Pawlowska, M., & Armstrong, D. W. (1994). Evaluation of Enantiomeric Purity of Selected Amino Acids in Honey. *Chirality*, 6:270-276.
- Pegg, R. B., & Shahidi, F. (2007). *Encapsulation, Stabilization, and Controlled Release of Food Ingredients and Bioactives*.
- Rahaie, S., Gharibzahedi, S. M. T., Razavi, S. H., & Jafari, S. M. (2014). Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review. İçinde *Journal of Food Science and Technology* (C. 51, Sayı 11, ss. 2896-2906). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0833-6>
- Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albuja, M., & Bakar, M. F. A. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. İçinde *BMC Complementary Medicine and Therapies* (C. 21, Sayı 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>
- Richter, C. K., Skulas-Ray, A. C., & Kris-Etherton, P. M. (2016). Recommended Intake of Fish and Fish Oils Worldwide. İçinde *Fish and Fish Oil in Health and Disease Prevention* (ss. 27-48). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802844-5.00003-8>
- Samat, S., Kanyan Enchang, F., Nor Hussein, F., & Wan Ismail, W. I. (2017). Four-Week Consumption of Malaysian Honey Reduces Excess Weight Gain and Improves Obesity-Related Parameters in High Fat Diet Induced Obese Rats. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1342150>
- Sancho, M. T., Mato, I., Huidobro, J. F., Fernández-Muiño, M. A., & Pascual-Maté, A. (2013). Nonaromatic organic acids of honeys. İçinde *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees* (C. 9781461449607, ss. 447-458). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_32
- Sankarikutty, B., Sreekumar, M. M., Narayanan, C. S., & Mathew, A. G. (1988). Studies on microencapsulation of cardamom oil by spray drying technique. *Journal of food science and technology (Mysore)*, 25(6).
- Schieber, M., & Chandel, N. S. (2014). ROS function in redox signaling and oxidative stress. İçinde *Current Biology* (C. 24, Sayı 10). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.034>
- Schormijller, J. (1969). *The Chemistry and Biochemistry of Cheese Ripening*.
- Senyuva, H. Z., Gilbert, J., Silici, S., Charlton, A., Dal, C., Gürel, N., & Cimen, D. (2009). Profiling turkish honeys to determine authenticity using physical and chemical characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(9), 3911-3919. <https://doi.org/10.1021/jf900039s>
- Seraglio, S. K. T., Schulz, M., Brugnerotto, P., Silva, B., Gonzaga, L. V., Fett, R., & Costa, A. C. O. (2021). Quality, composition and health-protective properties of citrus honey: A review. İçinde *Food Research International* (C. 143). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110268>
- Sıcak, Y., Şahin-Yağlıoğlu, A., & Öztürk, M. (2021). Bioactivities and phenolic constituents relationship of Muğla thyme and pine honey of Turkey with the

- chemometric approach. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3694-3707. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00940-8>
- Simsek, A., Bilsel, M., & Goren, A. C. (2012). 13C/12C pattern of honey from Turkey and determination of adulteration in commercially available honey samples using EA-IRMS. *Food Chemistry*, 130(4), 1115-1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.017>
- Siscovick, D. S., Barringer, T. A., Fretts, A. M., Wu, J. H. Y., Lichtenstein, A. H., Costello, R. B., Kris-Etherton, P. M., Jacobson, T. A., Engler, M. B., Alger, H. M., Appel, L. J., & Mozaffarian, D. (2017). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid (Fish Oil) Supplementation and the Prevention of Clinical Cardiovascular Disease: A Science Advisory from the American Heart Association. *Circulation*, 135(15), e867-e884. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000482>
- Solayman, M., Islam, M. A., Paul, S., Ali, Y., Khalil, M. I., Alam, N., & Gan, S. H. (2016). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 219-233. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12182>
- Syarifah-Noratiqah, S. B., Naina-Mohamed, I., Zulfarina, M. S., & Qodriyah, H. M. S. (2018). Natural polyphenols in the treatment of Alzheimer's disease. *Current drug targets*, 19(8), 927-937.
- Tanideh, N., Abdordideh, E., Yousefabad, S. L. A., Daneshi, S., Hosseinabadi, O. K., & Samani, S. M. (2016). A comparison of the effects of honey, fish oil and their combination on wound healing in rat. *Journal of Coastal Life Medicine*, 4(9), 683-688. <https://doi.org/10.12980/jclm.4.2016j6-93>
- Tartibian, B., & Maleki, B. H. (2012). The effects of honey supplementation on seminal plasma cytokines, oxidative stress biomarkers, and antioxidants during 8 weeks of intensive cycling training. *Journal of Andrology*, 33(3), 449-461. <https://doi.org/10.2164/jandrol.110.012815>
- Terzo, S., Mulè, F., & Amato, A. (2020). Honey and obesity-related dysfunctions: a summary on health benefits. İçinde *Journal of Nutritional Biochemistry* (C. 82). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2020.108401>
- Thrasylvoulou, A., Tananaki, C., Goras, G., Karazafiris, E., Dimou, M., Liolios, V., Kanelis, D., & Gounari, S. (2018). Legislación de criterios y normas de miel. İçinde *Journal of Apicultural Research* (C. 57, Sayı 1, ss. 88-96). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1411181>
- Tokur, B., & Çınar, S. (2024). Effects of emulsion methods, wall materials, and shell number on the physicochemical characteristics of freeze-dried microencapsulated fish oil. İçinde *Unpublished*.
- Tokur, B., Korkmaz, K., & Ayas, D. (2006). Comparison of Two Thiobarbituric Acid (TBA) Method for Monitoring Lipid Oxidation in Fish. İçinde *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* (C. 23, Sayı 4). <http://jfas.ege.edu.tr/>
- Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., Dogan, M., & Kayacier, A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish

- blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, 46, 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.042>
- Tosi, E., Martinet, R., Ortega, M., Lucero, H., & Ré, E. (2008). Honey diastase activity modified by heating. *Food Chemistry*, 106(3), 883-887. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.025>
- Truzzi, C., Annibaldi, A., Illuminati, S., Finale, C., & Scarponi, G. (2014). Determination of proline in honey: Comparison between official methods, optimization and validation of the analytical methodology. *Food Chemistry*, 150, 477-481. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.003>
- Tuberoso, C. I. G., Jerković, I., Sarais, G., Congiu, F., Marijanović, Z., & Kuš, P. M. (2014). Color evaluation of seventeen European unifloral honey types by means of spectrophotometrically determined CIE L* - Cab* - Hab* chromaticity coordinates. *Food Chemistry*, 145, 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.032>
- Uçurum, H. Ö., Tepe, Ş., Yeşil, E., Güney, F., Karakuş, S., Kolaylı, S., Takma, Ç., Duru, M. E., Özkök, A., Yücel, B., Karaca, Ü., Sorkun, K., Baran, A., Kiliç, A., Köseoğlu, M., Özsoy, N., Kunduraci, B. S., Türkaslan, N., Atmaca, H., ... Çakici, N. (2023). Characterization of Turkish pine honey according to their geographical origin based on physicochemical parameters and chemometrics. *European Food Research and Technology*, 249(5), 1317-1327. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04215-y>
- Ugusman, A., Shahrin, S. A. S., Azizan, N. H., Pillai, S. B., Krishnan, K., Salamt, N., Aminuddin, A., Hamid, A. A., Kumar, J., & Mokhtar, M. H. (2022). Role of Honey in Obesity Management: A Systematic Review. İçinde *Frontiers in Nutrition* (C. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.924097>
- Vahidmoghadam, F., Pourahmad, R., Mortazavi, A., Davoodi, D., & Azizinezhad, R. (2019). Characteristics of freeze-dried nanoencapsulated fish oil with whey protein concentrate and gum arabic as wall materials. *Food Science and Technology (Brazil)*, 39, 475-481. <https://doi.org/10.1590/fst.22618>
- Valverde, S., Ares, A. M., Stephen Elmore, J., & Bernal, J. (2022). Recent trends in the analysis of honey constituents. İçinde *Food Chemistry* (C. 387). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132920>
- von Schacky, C. (2021). Importance of epa and dha blood levels in brain structure and function. İçinde *Nutrients* (C. 13, Sayı 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu13041074>
- Wang, H., Li, L., Lin, X., Bai, W., Xiao, G., & Liu, G. (2023). Composition, functional properties and safety of honey: a review. İçinde *Journal of the Science of Food and Agriculture* (C. 103, Sayı 14, ss. 6767-6779). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12720>
- Wendel, M., & Heller, A. R. (2009). Anticancer actions of omega-3 fatty acids-current state and future perspectives. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry. Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agent*, 9(4), 457-470.

- Yaghoobi, N., Al-Waili, N., Ghayour-Mobarhan, M., Parizadeh, S. M. R., Abasalti, Z., Yaghoobi, Z., Yaghoobi, F., Esmaeili, H., Kazemi-Bajestani, S. M. R., Aghasizadeh, R., Saloom, K. Y., & Ferns, G. A. A. (2008). Natural honey and cardiovascular risk factors; effects on blood glucose, cholesterol, triacylglycerole, CRP, and body weight compared with sucrose. *TheScientificWorldJournal*, 8, 463-469. <https://doi.org/10.1100/tsw.2008.64>
- Yan, C., Kim, S. R., Ruiz, D. R., & Farmer, J. R. (2022). Microencapsulation for food applications: A review. . *ACS Applied Bio Materials*, 5(12), 5497-5512.
- Yang, M., Li, L., Zhu, X., Liang, L., Chen, J., Cao, W., & Liu, Z. (2024). Microencapsulation of fish oil by spray drying, spray freeze-drying, freeze-drying, and microwave freeze-drying: Microcapsule characterization and storage stability. . *Journal of Food Science*.
- Yang, M., Zhou, M., & Song, L. (2020). A review of fatty acids influencing skin condition. İçinde *Journal of Cosmetic Dermatology* (C. 19, Sayı 12, ss. 3199-3204). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/jocd.13616>
- Yilmaz, H., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2001). Composition of Honeys Collected from Eastern and South-Composition of Honeys Collected from Eastern and South-Eastern Anatolia and Effect of Storage on Hydroxymethylfurfural Eastern Anatolia and Effect of Storage on Hydroxymethylfurfural Content and Diastase Activity Content and Diastase Activity. İçinde *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* (C. 25, Sayı 5).
- Yücel, Y., & Sultanoğlu, P. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 1, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.02.001>
- Zhong, Q., Tian, H., & Zivanovic, S. (2009). *Encapsulation of Fish Oil In Solid Zein Particles By Liquid-Liquid Dispersion*.
- Živkov Baloš, M., Popov, N., Vidaković, S., Ljubojević Pelić, D., Pelić, M., Mihaljev, Ž., & Jakšić, S. (2018). Electrical Conductivity and Acidity of Honey. İçinde *Arhiv veterinarske medicine* (C. 11, Sayı 1).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Halil ORUÇ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Çukurova Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Gıda Mühendisliği Bölümü
Mezuniyet Yılı	27.01.2000
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilim Dalı	Balıkçılık Teknolojisi ve Yönetimi Bilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	12.12.2024
Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Bilim Dalı	
Mezuniyet Tarihi	
Yayınlar	