

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**MÜREKKEP BALIĞI (*Sepia officinalis*) MÜREKKEBİ KULLANILARAK
İMİTASYON HAVYAR ÜRETİM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gizem Nazlı URAL

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ İŞLEME TEKNOLOJİSİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

OCAK 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**MÜREKKEP BALIĞI (*Sepia officinalis*) MÜREKKEBİ KULLANILARAK
İMİTASYON HAVYAR ÜRETİM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gizem Nazlı URAL

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ İŞLEME TEKNOLOJİSİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

OCAK 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MÜREKKEP BALIĞI (*Sepia officinalis*) MÜREKKEBİ KULLANILARAK
İMİTASYON HAVYAR ÜRETİM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gizem Nazlı URAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ İŞLEME TEKNOLOJİSİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 07/01/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU (Danışman)

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Doç. Dr. İlknur BAĞDATLI

ÖZET

MÜREKKEP BALIĞI (*Sepia officinalis*) MÜREKKEBİ KULLANILARAK İMİTASYON HAVYAR ÜRETİM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Gizem Nazlı URAL

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Ocak 2022; 57 Sayfa

Bu çalışmada mürekkep balığı işleme atığı olan mürekkep kullanılarak imitasyon havyar üretimi amaçlanmıştır. Mürekkep balığının işlenmesinden sonra geride kalan değerli bir biyoaktif madde olan mürekkep balığı mürekkebi içermektedir. Mürekkep balığının siyah renkli ve doğal su ürünleri aromasını içeren mürekkebinin havyar benzeri ürün üretimi için ideal bir boya maddesi olacağı düşünülerek bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada mürekkep balığı mürekkebi ve yine su ürünleri kaynaklı bir polisakkarit olan aljinat kullanılarak piyasada yaygın bulunan, en yakın özellikte havyar benzeri ürün üretim yöntemleri araştırılmıştır. Havyarlarda tat oluşumu açısından önemli olan ve havyarların sertlik-yumuşaklık gibi tekstürel özelliklerini doğrudan etkileyen tuz (NaCl) konsantrasyonu ve sodyum aljinat konsantrasyonu, pH değeri, imitasyon havyarların renklendirilmesinde ve aroma verilmesinde kullanılan mürekkep konsantrasyonu kritik parametreler olarak değerlendirilmiştir. Lumpfish havyarın parlaklık, sertlik ve yüksek duyuşal genel beğeni kazanması hedef alınarak imitasyon havyar üretim koşullarının optimizasyonu cevap yüzey metodu (response surface methodology, RSM), central composite design deneme deseni kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ekonomik değeri olmayan ve çevre için sorun çıkartabilecek mürekkep balığı işleme atıklarından Lumpfish havyara alternatif ve katma değeri yüksek ürün elde edilmeye çalışılmıştır.

Lumpfish havyarın sertlik (N), parlaklık (L*) ve duyuşal genel beğeni parametreleri hedeflendiğinde optimum imitasyon havyarın üretim koşulları; NaCl 2.004 g/100 mL, sodyum aljinat 1.254 g/100 mL, 8.12 pH, MFI 1.387 g/100 mL olarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda havyar üretimi yapılmış ve ticari olarak satışa sunulan lumpfish havyarı ile birlikte buzdolabı koşullarında (4±1°C'de) 30 gün depolanmıştır. Depolamanın 30. gününde lumpfish havyarı için 23.8±0.05 mg/100 mL TVB-N, 0.65±1.91 TEAC antioksidan aktivite ve 7.24±0.39 Log kob/g toplam psikrofil aerobik bakteri değerleri bulunmuştur. İmitasyon havyarda ise 14±0.15 mg/100 mL TVB-N, 1.45±1.76 TEAC antioksidan aktivite ve 6.96±0.10 Log kob/g toplam psikrofil aerobik bakteri değerleri belirlenmiştir. Optimal lumpfish havyar benzeri ürününün MFI ve sodyum aljinat içeriği nedeniyle TVB-N artışını yavaşlatmasının yanı sıra antioksidan aktivite ve antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kalite analizleri, optimal imitasyon havyar ürününün kalitesini koruduğunu ve daha uzun raf ömrüne sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, istatistiksel olarak iki havyar arasında görünüş

açısından önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir. Optimal lumpfish havyar benzeri ürün MFI mürekkebi nedeniyle daha yüksek proteine sahiptir. Yüksek biyoaktif bileşenine rağmen, gıda işleme atığı olarak görülen mürekkep balığı mürekkebi, hammadde olarak gıda endüstrisi zincirine dahil edilme potansiyeline sahiptir. Balık yumurtasından havyar üretimi yerine alternatif havyar üretimi, su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için bir fırsat sunmaktadır. Ekonomik olarak daha düşük maliyetli optimal lumpfish havyar benzeri imitasyon havyar ticarileştirilebilir niteliktedir.

ANAHTAR KELİMELER: Cevap yüzey metodu, İmitasyon havyar, Mürekkep balığı mürekkebi, Optimizasyon, Sodyum aljinat

JÜRİ: Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Doç. Dr. İlknur BAĞDATLI

ABSTRACT

INVESTIGATION of IMITATION CAVIAR PRODUCTION USING CUTTLEFISH (*Sepia officinalis*) INK

Gizem Nazlı URAL

MSc Thesis in Department of Fish Processing Technology

Supervisor: Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

January 2022; 57 pages

In this study, it was aimed to produce imitation caviar using ink obtained from cuttlefish processing waste. The waste of cuttlefish processing contains ink, a valuable bioactive substance. This study was carried out considering that the ink of cuttlefish, which is black in color and contains natural aquaculture flavor, would be a dyes substance to produce caviar-like products.

The production methods of caviar-like products, which are closest to lumpfish caviar, were investigated using cuttlefish ink and alginate, a marinde derived polysaccharide. Salt (NaCl) concentration and sodium alginate concentration, pH value, ink concentration used for coloring and flavoring imitation caviar considered as the critical parameters that affect the quality of caviar. Optimization of imitation caviar production conditions was carried out by using response surface methodology (RSM), central composite design trial pattern, targeting the color and high sensory appreciation of Lumpfish caviar. An alternative product to Lumpfish caviar and a high value-added product has been tried to be obtained from cuttlefish processing waste, which has no economic value and may cause environmental problems.

Optimum production conditions of imitation caviar when targeting hardness, color, and sensory parameters of lumpfish caviar were; NaCl 2.004 g/100 mL, sodium alginate 1.254 g/100 mL, 8.12 pH, MFI 1.387 g/100 mL. Caviar was produced with optimum parameters and stored for 30 days in refrigerator (4 ± 1 °C) together with commercially available lumpfish caviar. On the 30th day of storage, lumpfish caviar had 23.8 ± 0.05 mg/100 mL TVB-N, 0.65 ± 1.91 TEAC antioxidant activity, and 7.24 ± 0.39 Log cfu/g total psychrophilic aerobic bacteria values. 14 ± 0.15 mg/100 mL TVB-N, 1.45 ± 1.76 TEAC antioxidant activity, and 6.96 ± 0.10 Log cfu/g total psychrophilic aerobic bacteria values were determined in imitation caviar. It has been observed that the optimal lumpfish caviar-like product has antioxidant activity and antimicrobial properties, as well as slowing down the increase of TVB-N due to its MFI and sodium alginate content. Quality analyzes revealed that optimal imitation caviar maintains the quality of the product and has a longer shelf life. In addition, it was observed that there was no statistically significant difference in appearance between the two caviars. The optimal lumpfish caviar-like product has higher protein content due to the MFI ink. Despite its high bioactive component, cuttlefish ink, which is considered as a food processing waste, can be included in the food industry chain as a raw material. Alternative caviar production instead of fish roe caviar offers an opportunity for the sustainability of aquaculture.

Economically lower cost optimal lumpfish caviar-like imitation caviar is commercializable.

KEYWORDS: Cuttlefish ink, Imitation caviar, Optimization, Response surface methodology, Sodium alginate

COMMITTEE: Prof. Dr. Pinar YERLIKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Assoc. Prof. Dr. İlknur BAĞDATLI



ÖNSÖZ

Dünyanın nüfusunun artmasıyla birlikte gıda stokların azalması kaçınılmazdır. Bu nedenle alternatif yeni gıda bulma yönüne gidilmektedir. Özellikle elde edildiği türün neslini tehlikeye atabilecek gıdalarda alternatifte yani gıda işleme yoluyla elde edilebilecek yöntemlere başvurulmaktadır. Bunların içerisinde mersin balığı yumurtalarından elde edilen ve ekonomik değerinin yüksekliği ile ulaşılması zor olan havyar gıda sektöründe büyük bir önem arz etmektedir. Mersin balıklarının yumurtalarının olgunlaştırılıp üretimde kullanılması 15-20 yıl gibi bir süreci içerir. Bu nedenle yumurtaları havyar yapımında kullanılmaktadır. Yetiştiricilikte kullanılacak olan yumurtaların havyar yönünde kullanılması yetiştiriciliği etkileyen bir durumdur. Havyar elde etmek için kullanılan yumurtalar mersin balıklarının neslini tehlikeye atmaktadır. Dünyanın birçok yerinde mersin balığı havyarı için stok korunması getirilmektedir. Bu durum havyar tüketimini azaltmakta ve ekonomik olarak maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada mersin balığı yetiştiriciliğini arttırmak ve havyar tüketimini ucuz maliyetle yaygınlaştırma amacı ile moleküler gastronomi de talep gören imitasyon havyar üretimi amaçlanmıştır. Ucuz maliyetle havyar benzeri, lezzet, renk ve görünüş olarak yerini tutabilecek alternatif bir gıda amaçlanmıştır. Çalışmada üretimi yapılan imitasyon havyar, bitkisel kaynaklı olması nedeniyle vegan tarzı beslenen kişilerce de tercih edileceği düşünülmektedir. Havyar tüketimini yaygınlaştırmak, ulaşılabilirliği kolaylaştırmak, düşük maliyetle üretime geçebilmek, bunların yanı sıra mersin balığı yumurtalarının yetiştiricilikte kullanılarak mersin balığı üretimini artırmak ve her beslenme tarzına uygun bir gıda oluşturmak mümkün olabilecektir. Tez çalışmamın akademik çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Bu tez çalışmasının kurgulanması ve analizlerin gerçekleştirilmesi süresince danışmanlığımı yapan Doç.Dr. Osman Kadir TOPUZ'a, tezimin sonlandırılması ve savunma aşamasında desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Pinar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU'na, Sayın Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU ve Doç. Dr. İlknur BAĞDATLI'ya, değerli bilgilerini ve tecrübelerini aktaran değerli hocam sayın Dr. Öğretim Üyesi Bekir Kabasakal'a teşekkürü bir borç bilirim.

Toplum ve birey olma bilincini aşıl原因an akademik yolda gece gündüz maddi, manevi her koşulda destekçim olan, heyecanıma ortak olan başta babam Recai URAL'a, annem Gülsüm URAL'a ve ablam Nergis URAL'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Mürekkep Balığı (<i>Sepia officinalis</i>)	3
2.2. Mürekkep Balığı İşleme Atıkları ve Kesesi	4
2.3. Mürekkep Balığı Mürekkebi	5
2.3.1. Mürekkep Balığı Mürekkebinin Kimyasal Özellikleri.....	6
2.3.2. Mürekkep Balığı Mürekkebinin Kullanım Alanları	7
2.3.3. Melanin İçermeyen Mürekkep (MFI) ve Ekstraksiyonu	7
2.4. Havyar	8
2.5. Lumpfish havyar	8
2.6. İmitasyon Havyar	9
2.7. Deneysel Tasarım ve Optimizasyon Yöntemleri	9
2.6.1. Cevap Yüzey Metodu	10
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Deneme Kurulumu.....	13
3.3. Analizler	18
3.3.1. pH tayini	18
3.3.2. Tekstür profil analizi.....	20
3.3.3. Renk ölçümü	21
3.3.4. Duyusal değerlendirme	21
3.3.5. Mürekkep balığı atıkları ve mürekkep oranının hesaplanması	22
3.3.6. Hacim-yoğunluk analizi.....	22
3.3.7. Optik mikroskopi analizi	23
3.3.8. İmitasyon havyar mürekkep enkapsülasyon verimliliği analizi	23
3.3.9. Havyarların büyüklüklerinin (çaplarının) belirlenmesi	24

3.3.10. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizi.....	25
3.3.11. Antioksidan aktivite analizi	25
3.3.12. Mikrobiyolojik analiz	26
3.3.13. İstatistiksel analizler	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1. Mürekkep Balığı Atıkları ve Mürekkep Oranı	28
4.2. İmitasyon Havyar Üretim Koşullarına Ait Bulgular	28
4.3. Mürekkep Balığı (<i>Sepia officinalis</i>) İşleme Atıklarından İmitasyon Havyar Üretim Koşullarının Optimizasyonu	37
4.4. Lumpfish ve İmitasyon Havyarın Depolama Sırasında TVB-N Analizlerine Ait Bulgular	38
4.5. Lumpfish ve İmitasyon Havyarın Depolama Sırasında Antioksidan Aktivite Değerlerine Ait Bulgular	40
4.6. Lumpfish ve İmitasyon Havyarın Depolama Sırasında Mikrobiyolojik Analizlerine Ait Bulgular	41
4.7. Optik Mikroskopi Bulguları	44
4.8. Enkapsülasyon Verimliliği	44
4.9. Havyarların Büyüklüklerine (Çaplarına) Ait Bulgular.....	46
4.10. Hacim-Yoğunluk Analizi.....	46
5. SONUÇLAR.....	47
6. KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Mürekkep Balığı İşleme Atıklarından İmitasyon Havyar Üretim Koşullarının Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

07/01/2022

Gizem Nazlı URAL



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
cm	: Santimetre
g	: Gram
dk	:Dakika
mm	: Milimetre
mL	: Mililitre
rpm	: Dakikadaki devir sayısı (Revolutions per Minute)
L*	: Parlaklık
N	: Normalite
V	: Hacim (ml)
°C	: Celsius sıcaklık derecesi

Tez kapsamında ondalık sayıların ayırımında ‘.’ kullanılmıştır.

Kısaltmalar

TVB-N:	Toplam uçucu bazik azot
Kob	: Koloni oluşturan birim
Log	: Logaritma
SAS	: İstatiksel Analiz Sistemi (Statistical Analysis System)
A	: NaCl konsantrasyonu
B	: Aljinat konsantrasyonu
C	: pH değeri
D	: MFI konsantrasyonu
R ²	: Determinasyon katsayısı
MFI	: Melanin içermeyen mürekkep
CYM	: Cevap yüzey metodu
S.D	: Serbestlik derecesi
K.O	: Kareler ortalaması
F	: F testi değeri
%C.V.	: Varyasyon katsayısı
TPAB	: Toplam psikrofil aerobik bakteri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Sepia officinalis</i> görüntüsü	3
Şekil 2.2. 2010-2019 yılları arasında avcılık yoluyla elde edilen mürekkep balığı miktarı (TÜİK 2020)	4
Şekil 2.3. <i>Sepia officinalis</i> Mürekkep kesesi ve mürekkebinin görüntüsü	5
Şekil 2.4. Mürekkep balığı mürekkebi.....	6
Şekil 2.5. Gıda boyası kullanılarak yapılan imitasyon havvarlar	9
Şekil 2.6. İki faktörlü merkezi kompozit tasarımın şekil üzerinde gösterimi (Anonim.,2012)	11
Şekil 2.7. Merkezi kompozit tasarım örnek model (Uysal vd. 2016)	12
Şekil 3.1. a, b ve c; Mürekkep balığı (<i>Sepia officinalis</i>); d) Kesesinden çıkan Mürekkep; e) Santrifüj edilecek olan Mürekkep; f) Santrifüjden çıkan mürekkep	15
Şekil 3.2 İmitasyon havvar üretim koşullarının optimizasyonuna ait iş akış şeması.....	16
Şekil 3.3. a) Numune kaplarına eklenen MFI; b) tuz, sodyum aljinat ve MFI eklenmiş örnekler; c) Hazırlanan solüsyonların enjektör yardımı ile kalsiyum klorür çözeltisinin içerisine damlatılması; d) saf sudan geçirilmiş imitasyon havvarlar	18
Şekil 3.4. a) Tampon çözelti (0.1 N sitrik asit ve 0.1 N sodyum hidroksit) ve pH metre b) Solüsyonların pH metre ile ölçümü	19
Şekil 3.5. a) Numune kaplarında hazırlanan solüsyonlar; b ve c üretilen imitasyon havvarlar Tekstür profil analizi	19
Şekil 3.6. İmitasyon havvarların tekstür analizi	20
Şekil 3.7. Renk ölçüm cihazı (CR-400, Minolta, Japonya) ile ölçüm yapılan imitasyon hayvarlar.....	21
Şekil 3.8. Havvarların hacim yoğunluk analizi.....	23
Şekil 3.9. Enkapsülasyon verimliliği analizinin spektrofotometre ölçümleri.....	24
Şekil 3.10. Havvarın çaplarının dijital kumpas ile ölçümü.....	24
Şekil 3.11. TVB-N analizi görseli.....	25
Şekil 3.12. Antioksidan analizinin spektrofotometre ölçümleri	26
Şekil 3.13 Mikrobiyoloji çalışmaları	26
Şekil 4.1. Sertlik (N) değerinin sabit koşullarda optimum değerlerinin grafikleri	33
Şekil 4.2 Parlaklık (L*) değerinin sabit koşullarda optimum değerlerinin grafikleri.....	34

Şekil 4.3. Duyusal genel beğeni değerinin sabit koşullarda optimum değerlerinin grafikleri.....	35
Şekil 4.4. Lumpfish ve imitasyon havyarın TVB-N analizi bulguları.....	39
Şekil 4.5. Lumpfish ve imitasyon havyarın antioksidan aktivite analizi bulguları.....	41
Şekil 4.6. Lumpfish ve imitasyon havyarın toplam psikrofil aerob bakteri analizi bulguları	42
Şekil 4.7. Havyarların optik mikroskop morfolojik görüntüleri; a) LH; b) İH	44
Şekil 4.8. İmitasyon havyarın enkapsülasyon verimliliği (%) ve MFI salınımı grafiği .	45



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ticari lumpfish havyarının enerji ve besin ögeleri (100 g için)	13
Çizelge 3.2. Mürekkep balığı işleme artıklarından imitasyon havyar üretim koşullarının optimizasyonuna ait cevap yüzey metodu deneme deseni.....	17
Çizelge 4.1 Mürekkep oranı ve atık miktarları	28
Çizelge 4.2. Mürekkep balığı (<i>Sepia officinalis</i>) işleme artıklarından imitasyon havyar üretim koşullarına ait parametreler ve ürünlerin sertlik, parlaklık, duyuusal genel beğeni değerleri.....	29
Çizelge 4.3. Sertlik verilerine ait Varyans (ANOVA) Analizi Sonuçları.....	30
Çizelge 4.4. Parlaklık verilerine ait varyans (ANOVA) analizi sonuçları.....	31
Çizelge 4.5. Duyusal genel beğeni verilere ait varyans (ANOVA) analizi sonuçları.....	32
Çizelge 4.6. Optimum koşullar, lumpfish havyarın hedef değerleri için imitasyon havyar koşulları	37
Çizelge 4.7. TVB-N değerlerine ait varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 4.8. Antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 4.9. TPAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.10. Lumpfish havyarına ve imitasyon havyara ait TVB-N, antioksidan aktivite değeri, TPAB bulguları	43
Çizelge 4.11. Enkapsülasyon verimliliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.12. MFI salınımı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.13. İmitasyon havyarların MFI salınımı ve enkapsülasyon verimliliğine ait Tukey Testi sonuçları.....	45
Çizelge 4.14. İmitasyon havyar ve Lumpfish havyarın çap boyutu değerlerine ait varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.15. İmitasyon havyar ve Lumpfish havyarın hacim-yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçları	46

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak besin gereksinimlerinin de artması ve bunun gelecekte insanlığı kıtlık tehlikesiyle yüz yüze getirme olasılığı günümüzün en ciddi küresel sorunlarından birini teşkil etmektedir. Dünya nüfusunun 7.8 milyar olduğu düşünüldüğünde alternatif besin üretiminin önemi daha da ciddiyet kazanmaktadır. Güncel veriler dünya nüfusunun %66'sından fazlasının yetersiz beslendiğini ve açlık çekmekte olduğunu, 2050 yılına gelindiğinde ise 8.3-11.3 milyar arası olabileceğini ve besin ihtiyacının daha da artacağını göstermektedir (Prosekov ve Ivanova 2018). Tüm dünya çapında besin kaynaklarının yetersiz olmasının yanında küresel ısınma kaynaklı iklim değişikliği ve Covid-19 pandemisi gibi olumsuzluklar da gerek besin üretimi gerekse sağlıklı besinlere ulaşımı olumsuz etkilemektedir (FAO; IFAD; UNICEF; WFP ve WHO 2021).

Alışılmışın dışında yeni besin kaynaklarından yararlanmaya ve mevcut kaynakları etkin kullanmaya yönelik çalışmaların artması ile verimsizliğin en aza indirilmesi, mevcut stokların korunması ve gıda atıklarının azaltılması veya geri dönüştürülmesi gelecekte yaşanabilecek gıda krizlerinin önüne geçilmesinde oldukça önemlidir (Bélangier ve Pilling 2019; Pimentel 2021).

İklim değişikliği, deniz ve tatlı su ortamlarını etkilemesi sebebiyle üretilebilecek gıdanın miktarı ve kalitesindeki belirsizlikler gıda güvenliğinde büyük bir endişe haline gelmektedir. Aynı zamanda hammadde fiyatları, gıda endüstrisi için ekonomik endişe yaratmaktadır. Bu kapsamda düşük maliyetli, kolay elde edilebilir ve doğaya faydalı nitelikte alternatif besin kaynakları ve beraberinde besin artıklarının tekrar işlenip gıdaya dönüştürülmesi de oldukça önemlidir. İnsanlar tarafından gıda olarak kullanılmayan ürünlerin kullanılabilir hale getirilmesi, gıda atıklarının değerlendirilmesi ve kaynakların korunması olası çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır. Mürekkep balığı mürekkebinin kullanılması gibi alternatif gıda üretimine yönelik girişimler her geçen gün artmaktadır (Skoet vd. 2020; Rasool vd; Despoudi vd; Barrera ve Hertel 2021).

Gıda işleme atığı olan mürekkep balığı mürekkebinin antitümör, antimikrobiyal ve antioksidan etkisi farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Lei vd. 2008; Vate ve Benjakul 2013; Guo vd. 2014; Shi vd. 2015). Gıdaların raf ömrünü uzatarak tüketici taleplerini karşılayabilmektedir. Farklı fonksiyonel özellikleri bulunan mürekkep balığı mürekkebi cezbedici renk ve duyu özelliklerinden dolayı İtalya ve Yunanistan gibi Akdeniz ülkelerinde makarna ve deniz ürünlerinde sos olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Prescott 2001; Derby 2014). Atık olarak değerlendirilen mürekkep balığı mürekkebi işleme teknikleri ile gıdalar üzerinde tüketici isteklerini karşılayabilecek bir ürüne dönüşebilecektir. Ayrıca, havyar gibi ticari değeri yüksek gıdalar alternatif işleme yöntemleri ile erişime sunulmaktadır.

Havyara alternatif olarak bitkisel kaynaklardan imitasyon havyar yapıldığı belirtilmektedir (Bronzi ve Rosenthal 2014). Son yıllarda modern mutfak sanatı olan moleküler gastronomide yaşanan gelişmeler farklı ham maddelerden ve özellikle de aljinat kullanılarak "Suni Havyar" yapımının önünü açmıştır. Aljinat kahverengi deniz yosunlarından elde edilen ve gıda endüstrisinde jelleşme ajanı olarak kullanılan polisakkarit bazlı gıda katkı maddesidir. Moleküler gastronomide aljinat boncukları ve gıda boyaları kullanılarak farklı renkte havyar benzeri ürün üretimi ile ilgili bazı

çalışmalara rastlanmıştır. Bunlardan, Lee ve Rogers (2012) farklı kalsiyum kaynaklarının imitasyon havyarın kalite özelliklerine etkisini araştırmıştır. Binsi vd. (2019) yaptığı bir çalışmada ise sazan balığının yumurtaları ezilerek aljinat boncukları ile karıştırılıp gıda boyası yardımı ile havyar benzeri ürün üretilerek özellikleri araştırılmıştır. Farklı ham madde kaynakları kullanılarak yapılan imitasyon havyar üretiminde en önemli kalite unsuru ürünün rengi ve kendine has aromasıdır. Mersin balığı havyarının görünüş özelliklerine yakın imitasyon havyarı üretiminde siyah ve siyahın tonlarında doğala özdeş gıda boyaları sıklıkla kullanılmaktadır (Bledsoe vd. 2003). Su ürünlerinden elde edilenlerin dışında birçok biyolojik maddeden üretilabilen, sadece renk, tat ve şekil açısından havyara benzerlik gösteren suni (yapay) havyar üretilmektedir (Özden vd. 2018).

Ekonomik değeri ve lezzeti nedeniyle talep gören fakat ulaşılması kolay olmayan, lüks gıdalardan biri olarak nitelendirilen havyarın, üretiminin devamlılığını sağlamak amacıyla mersin balığı türlerinin stoklarının korunmasına yönelik uygulamalar tüm dünya ülkelerince genel kabul görmektedir (Ustaoglu 2006). Bu kapsamda, önümüzdeki yıllarda mersin balığı çiftliklerinin sayısındaki artışa paralel olarak yetiştiricilik yoluyla farklı balık türlerinde de havyar üretiminin artacağı fakat bu artışın mevcut ihtiyacı karşılamayacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle havyarın ekonomik değerinin yüksekliği, havyar ürünlerinin benzerinin üretilmesi gıda sektörünün her zaman dikkatini çekmiştir. Farklı balık yumurtalarının yanı sıra farklı özellikte suni havyarlar üretilerek tüketicilerin kullanımına sunulmaya çalışılmaktadır.

Havyar sadece mersin balığı yumurtası için kullanılan bir terimdir. Aynı zamanda lumpfish, somon ve alabalık balıkları gibi diğer balıkların tuzlanmış yumurtalarından elde edilen havyar ikamelerini tanımlamak için de kullanılmaktadır (Skalecki vd. 2020; Naiel vd. 2021; Farag vd 2021; Tavakoli vd. 2021; Zhang vd. 2022). Mersin balığından havyar üretimi, mersin balığının olgunlaşması ve yumurtalıklarının gelişmesi için 15-20 yıl gerektirdiğinden, tüketici taleplerini karşılayamamıştır (Topuz ve ark. 2020). Bu nedenle, son yıllarda lumpfish havyarı gibi havyar ikamelerine yönelik artan bir eğilim olmuştur (Chandra vd. 2021).

Diğer balık yumurtalarından havyar ikame ürünü elde etmek su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğini azaltabilmektedir. Bu nedenle, birçok çalışmada aljinat küreleştirme kullanarak, farklı sentetik boyalardan havyar benzeri ürünler elde edilmektedir. (Ji vd. 2007; Lee ve Rogers 2012; Binsi vd. 2019). Hem aljinat havyarı benzeri ürünler hem de lumpfish havyarı üretiminde sentetik boyalar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, yanıt yüzeyi yöntemi (RSM) ile optimum üretim koşullarında doğal boya maddesi olan mürekkep balığı mürekkebinden ekstrakte edilen MFI (melanin free ink) içeren lumpfish havyar benzeri imitasyon havyar üretilmiş ve ticari lumpfish havyarının fizikokimyasal özellikleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, balık yumurtası yerine havyar ikamelerinin üretilmesi için parametreleri geliştirmek ve optimize etmektir. Bu sayede mevcut bilgilerin zenginleştirilmesine ve mürekkep balığı mürekkebi gibi değerli yan ürünlerin değerlendirilmesine katkı sağlanacaktır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Mürekkep Balığı (*Sepia officinalis*)

Kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz’de dağılım gösteren Mürekkep balığı (*Sepia officinalis*), ülkemiz sularında özellikle Ege ve Akdeniz’de bulunmaktadır. Akdeniz kıyı balıkçılığının en önemli türlerinden birisidir (Belcari vd. 2002). Mürekkep balığı, kalamar ve ahtapot gibi kafadanbacaklılar lezzetlerinden dolayı önemli deniz ürünlerindendir (Thanonkaew vd. 2006). Mürekkep balığının et verimi %60-80 arasında değişmektedir. %15-35 arasında atık elde edilmesi söz konusudur (Kechaou vd. 2009; Balti vd. 2010). Mürekkep balığı öldüğünde vücudundaki mürekkebi kese içinde muhafaza etmektedir. Mürekkep kesesinden elde edilen mürekkep, gıda endüstrisinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır.

Mürekkep balığı (*Sepia officinalis*), yumuşakçalar (Mollusca) şubesinin kafadan bacaklılar (Cephalopoda) sınıfında mürekkep balıkları (Sepiidae) ailesinde yer almaktadır.

***Sepia officinalis* taksonomisi;**

Alem: Animalia

Şube: Mollusca

Sınıf: Cephalopoda

Takım: Sepioloida

Üst Aile: Sepiida

Aile: Sepiidae

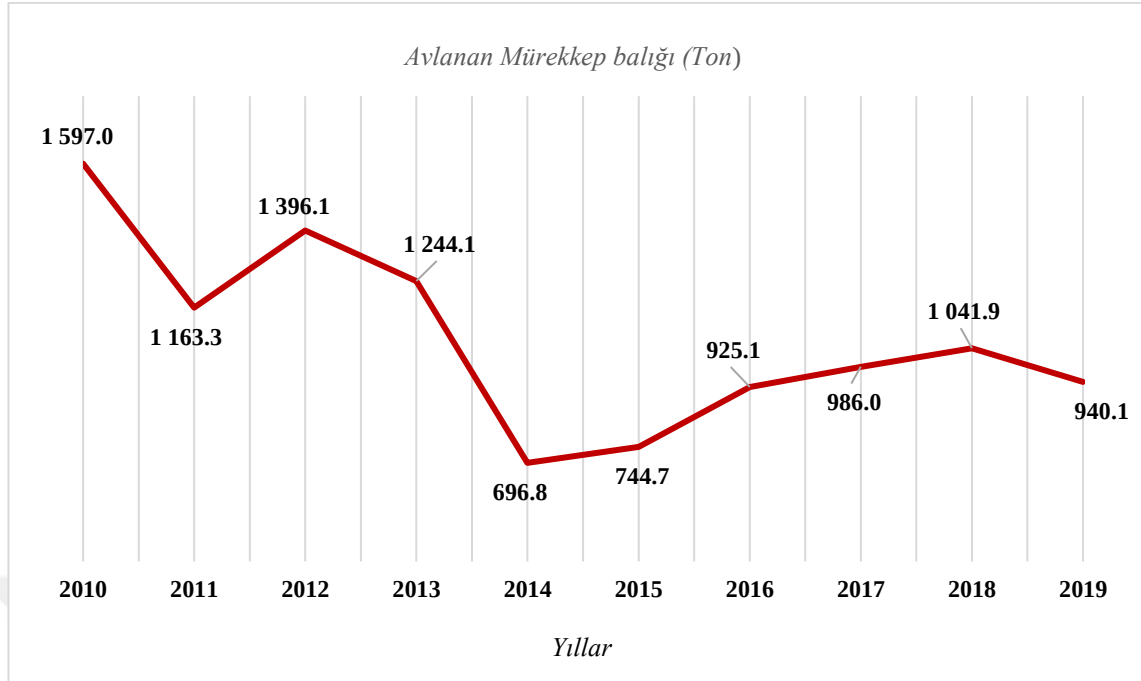
Cins: *Sepia*

Tür: *Sepia officinalis* (L, 1758)



Şekil 2.1. *Sepia officinalis* görüntüsü

TÜİK istatistik verilerine göre; 2019 yılında ülkemizde avcılık yoluyla elde edilen diğer deniz ürünleri (kabuklu, yumuşakçalar) toplam miktarı 56.846 ton olup, bu miktarın 940,1 tonunu ekonomik değeri yüksek mürekkep balığı türü *Sepia officinalis* oluşturmaktadır. Bu miktar toplam üretimin %0.22'ini oluşturmaktadır (TÜİK 2020).



Şekil 2.2. 2010-2019 yılları arasında avcılık yoluyla elde edilen mürekkep balığı miktarı (TÜİK 2020)

2.2. Mürekkep Balığı İşleme Atıkları ve Kesesi

Mürekkep içeren mürekkep balığı gibi kafadanbacaklı türler, tehlike ve fiziksel tehditlerle karşı karşıya kaldıklarında bir tepki olarak keselerinden koyu bir mürekkep salgılamaktadır (Wang vd. 2014). Kendilerini kamufle ederek düşmanlardan kaçmakta ve kendilerini savunmaktadırlar (Nicomrat ve Tharajak 2015).

Mürekkep kesesi, siyah renginden dolayı bilim insanları başta olmak üzere birçok kişinin ilgi odağı olmuştur. Mürekkep kesesinin biçimi ve işlevi üzerine uzun yıllardır yapılan çalışmaların yanı sıra, melanin üretiminin hücre biyolojisi ve biyokimyası üzerine de güncel çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Budelmann vd. 1997).

Mürekkep kesesinde melanin üreten mürekkep bezi bulunmaktadır. Kesesinde depolanır ve sonunda bir kanal yoluyla anüsün yakınındaki arka bağırsakta salınır. Mürekkep kesesinden mürekkebin salınması, kaslı duvarlar ve bir çift kas tarafından kontrol edilmektedir (Derby 2014).

Mürekkep kesesi, mürekkep balığı işlenmesi sırasında atılan yan üründür. Bu nedenle çevre kirliliğine yol açmaktadır (Vate ve Benjakul 2013). Yan ürün olan mürekkebin çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılması faydalı olmaktadır (Lian vd. 2005).



Şekil 2.3. *Sepia officinalis* Mürekkep kesesi ve mürekkebinin görüntüsü

2.3. Mürekkep Balığı Mürekkebi

Mürekkep balığı tarafından düşmanları korkutmak için püskürtülen koyu bir sıvı olan mürekkebi, esas olarak su, protein, melanin, sakkarit ve lipidden oluşmaktadır (Shi vd. 2015). Mürekkep balığı mürekkebi, mürekkep balığının olgunlaşma sürecinin sonunda üretilen viskoz renksiz bir ortamda melanin granüllerinin bir süspansiyonudur (Liu vd. 2003). Keseden koyu mürekkebin püskürtülmesi, tehlikelerden ve risklerden kaçınmak için kullanılan bir savunma aracıdır (Liu vd. 2011).

Bir deniz biyoaktif materyali olan mürekkep balığı mürekkebinin antioksidan, anti-radyasyon, anti-retrovirüs ve anti-bakteriyel özelliklere de sahip olduğu pek çok çalışma ile ortaya konulmuştur (; Zhong vd. 2009; Wang vd. 2014; Liu vd. 2011).

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile mürekkep balığı mürekkebinin, fareler ve sıçanlar gibi model hayvanlarda kemoterapötik hasarı iyileştirebileceği keşfedilmiştir (Wang vd.; Zhong vd. 2009; Liu vd. 2011). Mürekkep balığı mürekkebinin farmakolojik rolleri uzun yıllardır araştırmacılar tarafından araştırılmış olsa da geçmişten günümüze hala artık olarak kabul edilip atılmaktadır. Mürekkebin kullanılması, yeniden değerlendirilmesi çevre kirliliğini de azaltacaktır (Liu ve Simon 2003; Liu vd. 2011).



Şekil 2.4. Murekkep balığı murekkebi

2.3.1. Murekkep Balığı Murekkebinin Kimyasal Özellikleri

Araştırmacılar, murekkebin esas olarak kesenin dibinde bulunan ve murekkep bezinin olgun hücrelerinde oluşturulan melanin granülleri ve protein polisakkarit komplekslerinin süspansiyonlarından oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Melanin suda ve organik çözücülerde çözünmeyen bir bileşiktir. Bu nedenle melanin içermeyen murekkep balığı murekkebi sulu çözeltilerde ve organik çözücülerde kullanılmak üzere ekstrakte edilmektedir (Liu vd. 2011; Neifar vd. 2012).

Melaninler kimyasal olarak iki farklı biçimde bulunmaktadır. Bunlar kahverengiden siyaha Eumelanin ve sarı ila kırmızımsı kahverengi Pheomelanin'dir (Magarelli vd. 2010). Melanin en yaygın doğal pigmenttir. Melanin, farklı kimyasal yapılaraya sahip olup çok geniş ve karmaşık bir pigment grubudur. Melaninler şu şekilde sınıflandırılmaktadır; Allomelanin (Allo), Neuromelanin (Neu) Pheomelanin (Pheo) ve Eumelanin (Eu) (Magarelli vd. 2010). Bitkilerde ve mantarlarda bulunan Allomelanin (Allo), sinir hücresinde bulunan Neuromelanin (Neu), ciltte, saçta ve iriste bulunabilen Pheomelanin (Pheo) ve Eumelanin (Eu) (Magarelli vd. 2010).

Melanin, amino asitlerden elde edilir, ancak bir protein değildir (Prota 2000; Wang vd. 2014) Murekkep balığı murekkebinde en ayırt edici siyah rengi sağladığı için, melanogenez çalışmalarında ilgi çekmiştir (Prota 2000; Palumbo 2003). *Sepia officinalis*'ten elde edilen sepya melanin, %98'den fazla Eumelanin içermektedir.

Murekkep balığı murekkebi yüksek miktarda protein, mineral, nem ve yağ içermektedir. Murekkep balığı murekkebinde bulunan trozinaz adlı enzim mikroorganizmalara karşı korumanın ana unsurudur (Zaharah ve Rabreta 2017). Murekkep balığı murekkebi, değerli bir biyoaktif bileşen kaynağıdır. Murekkep balığı

mürekkebinin %15.75 ham protein, %13.75 karbonhidrat, %0.18 ham yağ ve %5.78 kül %65 su içerdiği bilinmektedir (Neifar vd. 2009). Örneğin kalsiyum, mürekkep balığı mürekkebinde bulunan en yaygın elementtir (Liu vd. 2011).

Melanin maddelerinde bulunan mineraller genellikle normal metabolik ve fizyolojik fonksiyonlarında rol oynamaktadır. Enzimlerin ve yapısal proteinlerin önemli bileşenleridir (Neifar vd. 2009). Mürekkep balığı (*Sepia officinalis*) üzerine çalışmalar yapan Neifar vd. (2009) melaninin karbonhidratlardan, polimerlerden ve proteinlerden oluştuğunu belirlemiştir.

Ek olarak, melanin içermeyen mürekkebin emülsifiye edici olduğu ve stabilitesinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Qian ve McClements 2011; Ahamed vd. 2018). Emülsiyon aktivitesinin en yüksek ortalama değeri 15.38 olduğu, emülsiyon stabilitesinin ise %56.56 olduğu bulunmuştur (Qian ve McClements 2011). Suda çözünürlük ve emülsifiye özelliği sayesinde endüstriyel ihtiyaçları karşılamaktadır (Ahamed vd. 2018).

2.3.2. Mürekkep Balığı Mürekkebinin Kullanım Alanları

Gıda endüstrisinde çeşitli şekillerde mürekkep balığı mürekkebi kullanılmaktadır. En yaygın kullanım alanı gıda aroma vericisi olmasıdır. Siyah pigmeti nedeniyle de doğal gıda boyası olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak satılan mürekkep balığı mürekkebinin çoğu, aslında beğenilen tadı nedeniyle tüketilmektedir (Hazan 1992). Arroz negro (siyah pirinç), txipirones en su tinta (mürekkep soslu bebek kalamar), ikasumi jiru (domuz ve kalamarlı mürekkep çorbası) ve Caviarne (imitasyon havyar) mürekkep balığı mürekkebinin yer aldığı yemeklerden bazılarıdır (Marquinet 2001).

Mürekkep balığı mürekkebi antioksidan aktivite ve bağışıklık sistemini güçlendirici fonksiyonlara sahiptir (Liu vd. 2011). Antimikrobiyal özellikleri nedeniyle mürekkep balığı etini iyileştirmek ve dolayısıyla raf ömrünü uzatmak için de kullanılmaktadır. Antiseptik özellik gösteren kurutulmuş mürekkep balığı etinin mürekkep ile muamele edildiğinde raf ömrünün uzadığı gözlemlenmiştir (Takai vd. 1993; Sasaki vd. 1997).

2.3.3. Melanin İçermeyen Mürekkep (MFI) ve Ekstraksiyonu

Melaninsiz kalamar mürekkebinin (MFI: melanin free ink) antibakteriyel, antitümör aktivite ve immüno-regülasyon gibi fonksiyonel aktiviteleri olduğu belirtilmiştir (Lei vd. 2008; Sae-Leaw vd. 2018, Vate ve Benjakul 2013; Shi vd. 2015). Ürünün işlevselliğini artırmak ve raf ömrünü uzatmak için balık ürününde fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanılabilme potansiyeli vardır.

Vate ve Benjakul (2013) yaptığı bir çalışmada MFI ekstraksiyonu; mürekkebi, soğuk deiyonize su (4°C) kullanılarak on kat seyreltilmiştir. Daha sonra 4°C'de 30 dakika süreyle 18,000 x g'de santrifüje tabi tutularak, süpernatant kısmından melaninsiz mürekkep (MFI) elde etmişlerdir.

2.4. Havyar

Havyar genel anlamda balık yumurtasına verilen isimdir. Dünyada farklı coğrafyalarda farklı balık türlerinden elde edilerek yapılan ve farklı şekillerde isimlendirilen lezzetli ve ekonomik değeri yüksek bir gıda ürünüdür. Tarih boyunca kralların sofralarında yer alan “Havyar” günümüzde lüks restoranlarda ve mutfak sanatları alanında önemini korumaktadır. Farklı balık türlerinin yumurtalarından da havyar yapılabilmeyle birlikte bu ürünler havyar diye doğrudan nitelendirilmemektedir (Bledsoe vd. 2003). Acipenseridae familyasına bağlı mersin balığı türlerinin yumurtasından üretilen havyarlar doğrudan havyar olarak kabul edilmekte ve diğer balık yumurtası ürünlerine göre çok yüksek maliyetle satılmaktadır.

1976-2020 yılları arası havyar üretimi ile ilgili istatistikler incelendiğinde avcılık yolu ile elde edilen havyar miktarı 3500 tondan 200 tona düşerken, yetiştiricilik yoluyla elde edilen havyar üretimi 25 tondan 270 tona kadar çıkmıştır (Bronzi ve Rosenthal 2014). Türkiye’de 1970’lere kadar mersin balığı avcılığına dayalı havyar üretimi yoğun bir şekilde yapılarak toplam üretim 14 tona kadar gerçekleşmiştir (Özden vd. 2018). Orijinal havyar üretiminin yüksek talebi karşılayamamasından dolayı Acipenseridae familyasının dışında sazan, alabalık, somon, lumpfish gibi pek çok balık türünün yumurtasının yanı sıra deniz kestanesi, deniz hıyarı ve deniz kabuklularının yumurtalarından da havyar üretimi yapılmaktadır (Bledsoe vd. 2003).

Mersin balığı yumurtalarından üretilen havyarın dünya pazarlarına ana ihracatçısı uzun yıllar İran ve Rusya olmuştur (Bledsoe vd. 2003). Tüketim açısından en değerli havyarlar Hazar Denizi’ndeki mersin balıklarından üretilmektedir. Dünya’daki havyarın yüzde 90’ından fazlası üretildiği için Hazar Denizi mersin balığı denizi olarak da kabul edilmektedir. 1990’lı yıllarda, insan faaliyetlerinden kaynaklanan ekolojik değişiklikler nedeniyle mersin balıklarının stoklarında keskin bir düşüş yaşanmıştır (Özden vd. 2018). Bu nedenle havyar yerine geçen ikamelerinden en yakın özellikte olan lumpfish havyarına yönelim artmıştır.

2.5. Lumpfish havyar

Lumpfish, *Cyclopteridae* ailesindeki bir deniz balığı türüdür. *Cyclopterus* cinsinin tek üyesidir. Kuzey Atlantik’te ve Arktik Okyanusu’nun bitişik kısımlarında, Kuzey Amerika kıyılarında Chesapeake Körfezi (New Jersey’nin nadir güneyinde) ve Avrupa kıyısında İspanya’ya kadar yayılım göstermektedir (Senyushkina 2016)

Lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) yumurtası son derece yaygın tüketimi olan tüketici talebine göre 'kırmızı' veya 'siyah' renkli havyardır (Bledsoe vd. 2003). (Senyushkina 2016). Lumpfish yumurtalarını renklendirmek için sentetik gıda boyalarının karışımı kullanılmaktadır.

Balık yumurtalarının işlenerek havyara dönüştürülmesinde ise; az/hafif tuzlama (Malossol), yoğun tuzlanma, presleme (Pajusnaya) ve pastörizasyon uygulamaları kullanılmaktadır (Özden vd. 2018). Tuzlama işleminde karıştırma süresi, kullanılan yöntemlere bağlıdır, ancak aşırı karıştırmadan kaçınılmalıdır; 5-8 dakika karıştırılıp 10 dakika beklendikten sonra tekrar karıştırılması önerilmektedir (Senyushkina 2016).

2.6. İmitasyon Havyar

Ekonomik değerin yüksekliği ile bu ürünlerin görsel ve aromatik benzerlerinin üretimi gıda sektörünün her zaman dikkatini çekmiştir. Bu konuda değişik hammaddelerden üretilen farklı suni havyarlar, tüketicilere pazarlanmakta ve sunulmaktadır. Birçoğunun üzerinde imitasyon olduğu yazmakla birlikte ilk bakışta aldanma yapabilecek benzer havyar kutularında satılmakta olduğu gibi sadece şekil ve tat olarak benzeyen ürünler farklı tarz ambalajlarda da satılmaktadır. İmitasyon havyar ürünleri genelde balık kırpıntıları, yosunlar ile bunların yan ürünleri ve mürekkep balığının suda dağılmayan boya maddesi gibi doğal su ürünleri kökenli hammaddelerinden üretilmektedir. Bunun dışında moleküler gastronomideki gelişmeler de farklı hammaddelerden “İmitasyon Havyar” yapımının önünü açmıştır (Özden vd. 2018).



Şekil 2.5. Gıda boyası kullanılarak yapılan imitasyon havyarlar

2.7. Deneysel Tasarım ve Optimizasyon Yöntemleri

İmitasyon ürünler açısından ulaşmak istenilen hedeflere en yakın ve en kısa sürede ulaşma, ürünü geliştirme ve maliyetini düşürme amacıyla deneysel tasarım tekniklerine başvurulmaktadır. Optimizasyon sürecinde sadece tek faktörü değişken kabul ederek diğer faktörlerin belirsiz seviyede değerlendirildiği durumda, sabit tutulan tek faktörlü optimizasyon sürecinde tüm faktörlerin kombine etkisi görülememektedir. Böylece optimizasyon süreci uzamakla birlikte optimum düzeylere ulaşmak için çok sayıda deney yapılmasına sebep olmaktadır. Tek faktörlü bir optimizasyon uygulaması bu süreçte değişken tüm parametrelerin bir arada optimize etmek için Cevap Yüzey Metodolojisi (CYM) kullanılmaktadır. CYM ile istatistiksel deney tasarımı optimizasyon sürecini kolaylaştırmaktadır. Karmaşık etkileşimlerin söz konusu olduğu optimizasyon uygulamasında CYM, deneysel tasarımlarda birden fazla faktörün önemini değerlendirmek amacıyla tercih edilebilmektedir (Elibol 2004).

2.6.1. Cevap Yüzey Metodu

Cevap yüzeyi metodunda bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki fonksiyonel ilişkiyi tanımlamak amacıyla:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) + \epsilon \quad (2.1)$$

eşitliği kullanılmaktadır.

Teorem 2.1. Y gözlenebilen cevap degiskeni, f bağımsız degiskenlerin ($X_1, X_2, \dots$) sürekli fonksiyonu ve ϵ hata terimi olarak ifade edilmektedir (Soyuduru 2007; Harman 2006).

Faktörlerin birbiriyle etkileşiminin ve bağımsız değişkenlerin etkisinin cevap değişkeninde, oluşturulan regresyon katsayıları yardımıyla ne derece önemli bir etkiye sahip olduğuna model doğrultusunda karar verilmektedir. Sonuçlar üç boyutlu grafik halinde veya kontur plot şeklinde gösterilebilir. Gıda bilimi ve mühendisliği alanında elde edilen verilerin incelenmesi, modellenmesi ve optimizasyonu cevap yüzey metodu sayesinde başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir (Kalil vd. 2000).

Kechaou vd. (2009) cevap yüzey metodolojisi ile pepsin kullanılarak mürekkep balığı (*Sepia officinalis*) protein hidrolizatının optimizasyonu çalışmışlardır. Rezaei vd. (2019) Cevap yüzey metodolojisi ve fraksiyonlama kullanarak mürekkep balığı mantosundan (*Sepia pharaonis*) antioksidan peptit üretiminin optimizasyonunu yapmışlardır. Lotfipour vd. 2012’de CaCl_2 ve aljinat konsantrasyonlarının ve sertleşme süresinin *Lactobacillus acidophilus* yüklü aljinat boncuklarının özellikleri üzerindeki etkisini yanıt yüzey analizi kullanılarak değerlendirmişlerdir. Ürküt vd. (2007) cevap yüzeyi yöntemleri ile Ca-aljinat immobilize *Aureobasidium pullulans* kullanılarak pullulan üretiminin optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir.

Gıda alanında Cevap Yüzey Metodu fermentasyon (Goksungur vd. 2004; Ürküt vd. 2007), kristalizasyon (Koç 2008), inaktivasyon (Buzrul vd. 2008), kurutma (Koç 2008), enzimatik polimerizasyon (Ceylan vd. 2008), ekstrüzyon (Altan vd. 2008) gibi çeşitli gıda uygulamalarının optimizasyonunda kullanılmıştır (Koç 2008).

Birçok faktör tarafından etkilenen prosesler kompozit sistemlerdir. Bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin hangi aralıklar arasında değişeceği tasarlanan deneysel tasarımlar ile fonksiyonlarla sistemin ifade edilmesi, cevap almak için belirlenmektedir. Uygulama alanları farklılık göstermekle birlikte bunların tasarım basamakları için çok çeşitli deneysel tasarım yöntemleri bulunmaktadır (Eroglu 2006; Turan ve Altundogan 2011). Merkez noktalar dışında deneysel çalışma ve tekrar imkânı sunan, en sık kullanılanlardan biri merkezi kompozit tasarımıdır. Analiz problemlerini ve modellenmesini içermektedir. Merkezi kompozit tasarım ile bağımsız bütün değişkenlerin aynı zamanda değişimine ve etkileşime bakılmasına imkân sağlamaktadır (Eroglu 2006; Tokay 2009; Turan ve Altundogan 2011).

Merkezi kompozit yöntemin sayesinde deneysel hata olup olmadığı ve parabolik etkileri arasındaki interaksiyon, karesel ilişki gözlemlenebilmektedir. Bunların sonucunda da doğrusal etkisi ve optimum koşullar tespit edilmektedir.—Optimum koşulların sağladığı bağımsız değişkenlerin etki alanını belirlenmek amacıyla bu deneysel

tasarım kullanılmaktadır (Tokay 2009; Turan ve Altundogan 2011). Merkezi kompozit tasarım merkez noktaları, eksen noktaları iki seviyeli faktöriyel olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

Faktörlerin eksi veya artı düzeylerinin olası tüm kombinasyonları iki seviyeli faktöriyel tasarım bölümü ile oluşmaktadır. Kodlu bir faktör alanında, her bir faktörün merkez noktadan uzaklık tam ve kesirli fraksiyonel noktalar için ± 1 birimdir. Merkez noktalar 0 ile gösterilir. Kodlu bir faktör alanında bu noktadan eşit uzaklıktaki seviyeler için yapılan deneylerdir (Ekinci 2007; Tokay 2009; Turan ve Altundogan 2011).

Merkezi 0 olarak kabul edilen faktöriyel noktaların dışındaki yıldız noktaları, merkeze $\pm\alpha$ mesafesinde bulunmaktadır. Merkez nokta düzeyinde eksen noktaları olduğunda, her bir değişkenin alt ve üst sınır değişkenleri olmaktadır. Üst sınır $+\alpha$, alt sınır $-\alpha$ ile gösterilmektedir (Ekinci 2007; Tokay 2009; Turan ve Altundogan 2011).

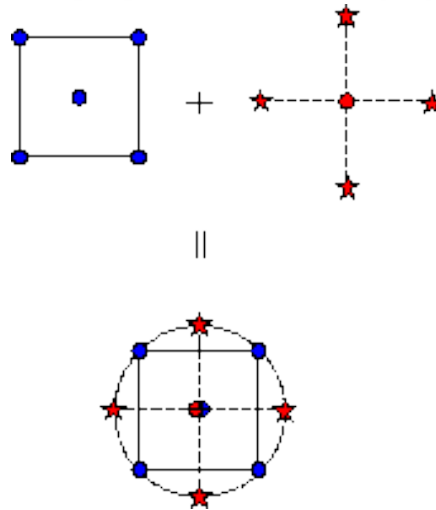
$$\alpha = \pm 2k/4 \quad (2.1)$$

Yıldız noktalarının aldığı değerler aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$\pm\alpha = X$ - orta değer / orta değer ile en yakın değer arasındaki fark

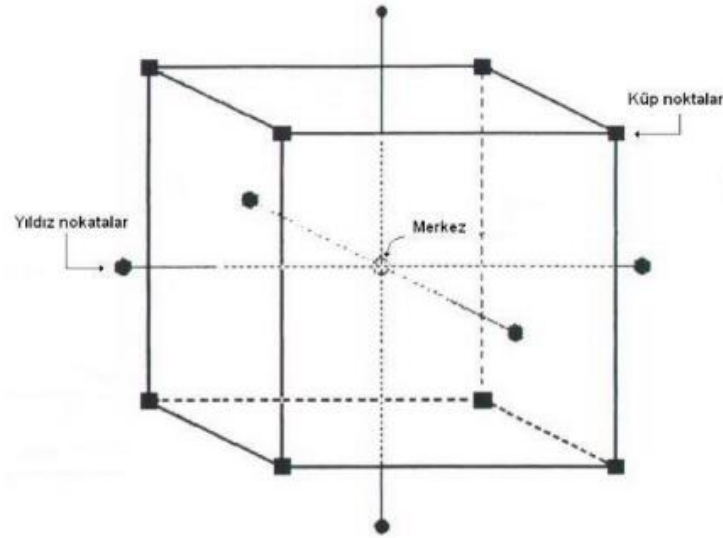
k çalışılan bağımsız değişken sayısı

Faktör sayısı ve tasarım için α değeri incelenen bazı özelliklere bağlıdır. Bütün grafiklerin yüksek ve düşük noktaların uç noktalarını yıldız noktalar oluşturmaktadır (Ekinci 2007; Tokay 2009; Turan ve Altundogan 2011).



Şekil 2.6. İki faktörlü merkezi kompozit tasarımın şekil üzerinde gösterimi (Anonim 2012)

Merkezi kompozit tasarım görüldüğü gibi Faktöriyel tasarım + star noktalar sonucu Şekil 2.7 de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Merkezi kompozit tasarım örnek model (Uysal vd. 2016)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \chi_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} \chi_i \chi_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} \chi_i^2 \quad (2.2)$$

Teorem 2.2. Karesel etkilerini ve aralarındaki etkileşimlerini gösteren n tane değişkenin lineer etkilerinin model denklemi

Model denkleminde, Y tahmini yanıt, k faktör sayısını, β_i , j ve j değişkenler arasındaki etkileşim etkisini, β_i lineer katsayısını, β_0 sabit katsayısını göstermektedir. Regresyon denklemi, ikinci derece modeldeki katsayıları tahmin edip, en küçük kareler yöntemi kullanarak regresyon analizi oluşturulmaktadır. Modelin yeterliliği, tahminlerin doğruluğu ve yanıtlar için tahmini sonuçları elde ederek oluşturulan denklem ile kontrol edilmektedir. Tam faktöriyel ve üç seviyeli tasarıma alternatif olan merkezi kompozit tasarımı (MKT) karşılaştırılabilir sonuçlar vererek daha az deneme gerektirmeyi sağlamaktadır. İkinci dereceden polinom modeller için MKT deneysel tasarımı en çok kabul gören olmaktadır. Daha az sayıda deneme yapılarak faktörler arasındaki interaksyonların ortaya çıkarılmasına imkan sağladığı için her-defada-tek-etken (one-factor-at-a-time, OFAT) yönteminden daha avantajlı bir uygulamadır. Faktörler arası etkileşimleri daha net ortaya koymakla birlikte zaman açısından daha verimli imkan sunmaktadır. Cevap üzerindeki her bir faktörün etkisini ve önemini belirleyebilmektedir. Etki faktörleri doğrusal, kuadratik ve interaksyonun incelenirken kalitesi yüksek tahminler sağlamaktadır. MKT, bu nedenle güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Box Beknken tasarım modeline kıyasla bazı üstünlüklere sahiptir. MKT daha yüksek (güvenilir) bir R^2 değeri vermektedir Her iki tasarımın da doğrusal polinom modeline uygun olduğu bir durumda genellikle. MKT daha avantajlıdır. Box-Behnken'a oranla standart hata değerlerini daha düşük vermektedir. En çok uygulanan tasarım olan MKT, ikinci dereceden modeller için uygun olduğu bildirilmektedir (Gündoğdu vd. 2016).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan mürekkep balığı (*Sepia officinalis*) Başoğlu Ltd. Şti'den (Antalya); gıda ürünlerinde kullanılabilir nitelikte sodyum aljinat, tuz (NaCl), kalsiyum klorit (CaCl_2), sitrik asit ve diğer kimyasallar medikal firmalarından satın alınmıştır. Lumpfish havyarı (Dardanel San.Tiç. A.Ş. Çanakkale) satış yapan ticari firmalardan temin edilmiştir. Cam kavanoz içerisinde muhaza edilen (4 ± 1 °C) ticari lumpfish havyarının içeriği etikette; Karamel rengi (E150d), Parlak siyah renklendirici (E151), Ksantan stabilizatör (E415), Sitrik asit düzenleyici (E330), Sodyum benzoat koruyucu (E211) olarak bildirilmiştir. Lumpfish havyara ait etikette yer alan nerji ve besin öğeleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ticari lumpfish havyarının enerji ve besin öğeleri (100 g için)

Enerji (kJ/kcal)	Yağ (g)	Doymuş Yağ (g)	Karbonhidrat (g)	Şekerler (g)	Protein (g)	Tuz (g)
279/67	4.0	0.7	1.0	0	8.7	5.0

Melanin içermeyen mürekkebin hazırlanması (MFI) için ilgili firmadan cansız halde ve soğuk zincir uygulanarak laboratuvara getirilen mürekkep balıklarının mürekkep keseleri makas yardımı ile kesilerek ayrılmıştır. Mürekkep balığından mürekkep ekstraksiyonu Sae-Leaw vd. (2018)'in belirttiği yönteme göre yapılmıştır. Bu yöntem kapsamında, konik santrifüj tüpüne konulan mürekkep keseleri cam çubuk yardımı ile ezilerek keselerde bulunan mürekkebin dışarı çıkması sağlanmıştır. Ezilmiş mürekkep keseleri üzerine ağırlığının 2 katı miktarda soğuk saf su (4 ± 1 °C) eklendikten sonra santrifüj cihazına aktarılmış ve cihazda 4000 rpm'de 10 dakika boyunca 4 ± 1 °C'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj tüpünde bulunan ve partiküllerinden ayrılmış mürekkep mikrofiltre (0.45 µm) yardımı ile filtre edilerek iyice ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte edilen mürekkep balığı mürekkebi (MBM) tüpe aktararak imitasyon havyar üretiminde kullanılmak üzere buzdolabında (4 ± 1 °C) muhafaza edilmiştir. İşlem aşamalarına ait fotoğraflar Şekil 3.1.'de görülmektedir.

Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada Cevap Yüzey Metodu kullanılarak, mürekkep balığı mürekkebi ile renklendirilmiş imitasyon havyar üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen optimum üretim parametreleri kullanılarak, imitasyon havyar üretimi tekrar yapılmıştır. İkinci aşamada ise, üretilen optimum imitasyon havyar ile ticari olarak satılan Lumpfish havyarın kalite değişimleri 4°C'de depolanmaları (30 gün) süresince kalite değişimleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

3.2. Deneme Kurulumu

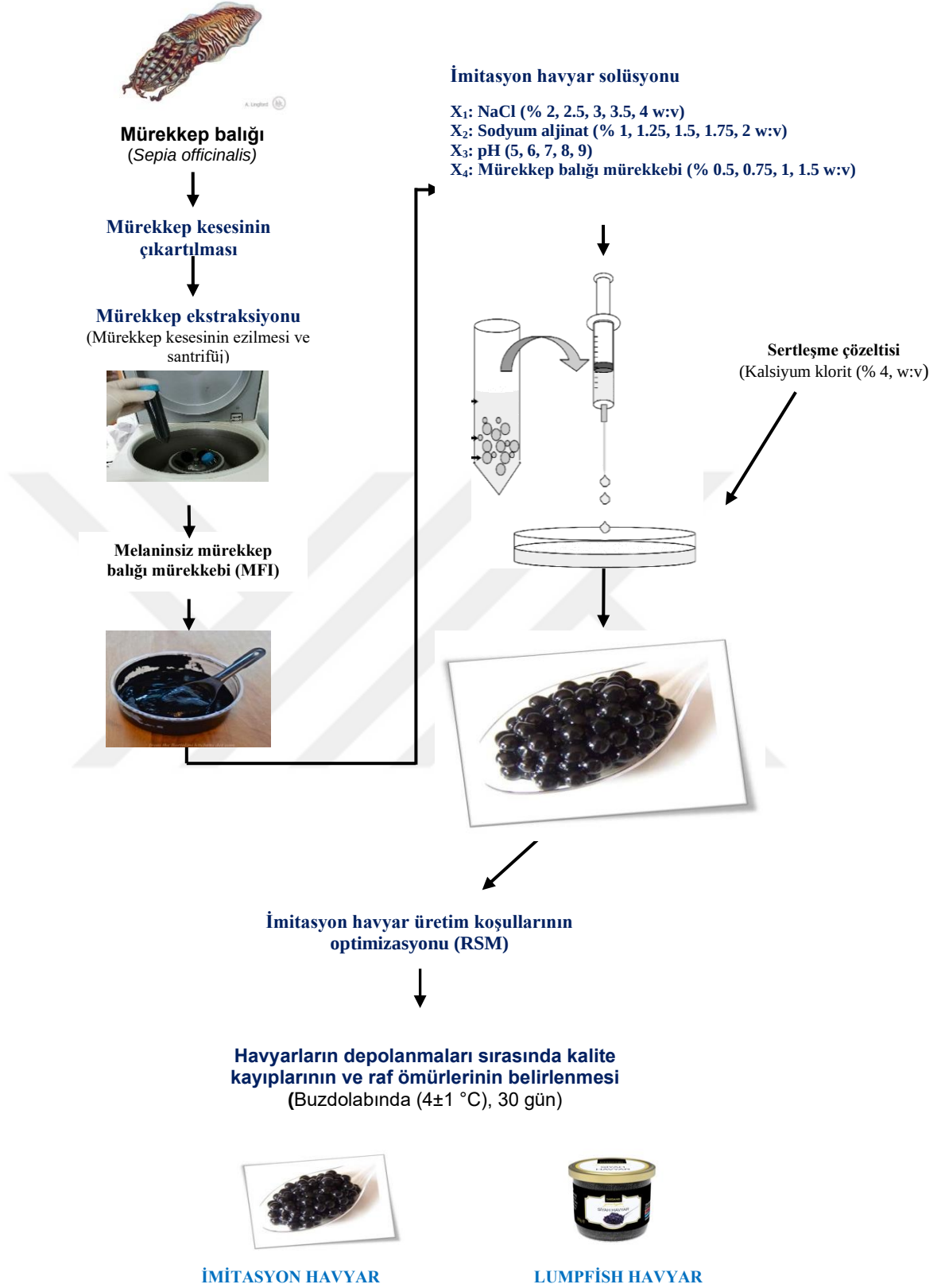
İmitasyon havyar üretimi cevap yüzey metodu (merkezi kompozit tasarım) deneme desenine göre yapılmıştır. Bu çalışmada dört bağımsız değişkenli cevap yüzey deneme deseni kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler sodyum aljinat miktarı (v/w): pH değerleri, tuz miktarı (v/w) ve MFI (v/w) olarak belirlenmiştir. Ön denemeler ve literatür çalışması sonucu imitasyon havyar için tuz miktarı (2, 2.5, 3 ve 3.5, 4 g/mL), sodyum aljinat miktarı (1, 1.25, 1.5, 1.75, 2 g/mL) ve pH değerleri (5, 6, 7, 8, 9), MFI miktarları (0.50, 0.75, 1,

1.25, 1.5 g/mL) oranlarında imitasyon havyar üretimi parametreleri olarak 4 bağımsız değişken bulunmuştur. Birbirinden bağımsız dört değişkenin çalışılmasıyla (24+3) 27 deneyden oluşan deneme deseni elde edilmiştir. Uygulanan çalışmaya ait deneme desenindeki koşullar Çizelge 3.1’de verilmiştir. Deneme desenindeki koşullara göre optimum pH değerlerini ayarlamak için sitrik asit ve sodyum hidroksit kullanılmıştır. Cevap Yüzey Metodu deneme deseninde belirtilen miktarlara göre (24 adet farklı ve üç paralelli olmak üzere) konulmuş ve üzerlerine deneme deseninde belirtilen oranlarda tuz, sodyum aljinat, MFI eklenip solüsyon hazırlanarak üretim yapılmıştır (Şekil 3.2). Numune kapları içerisinde +4°C’de depolanmıştır.





Şekil 3.1. a, b ve c; Mürekkep balığı (*Sepia officinalis*); d) Kesesinden çıkan Mürekkep; e) Santrifüj edilecek olan Mürekkep; f) Santrifüjden çıkan mürekkep

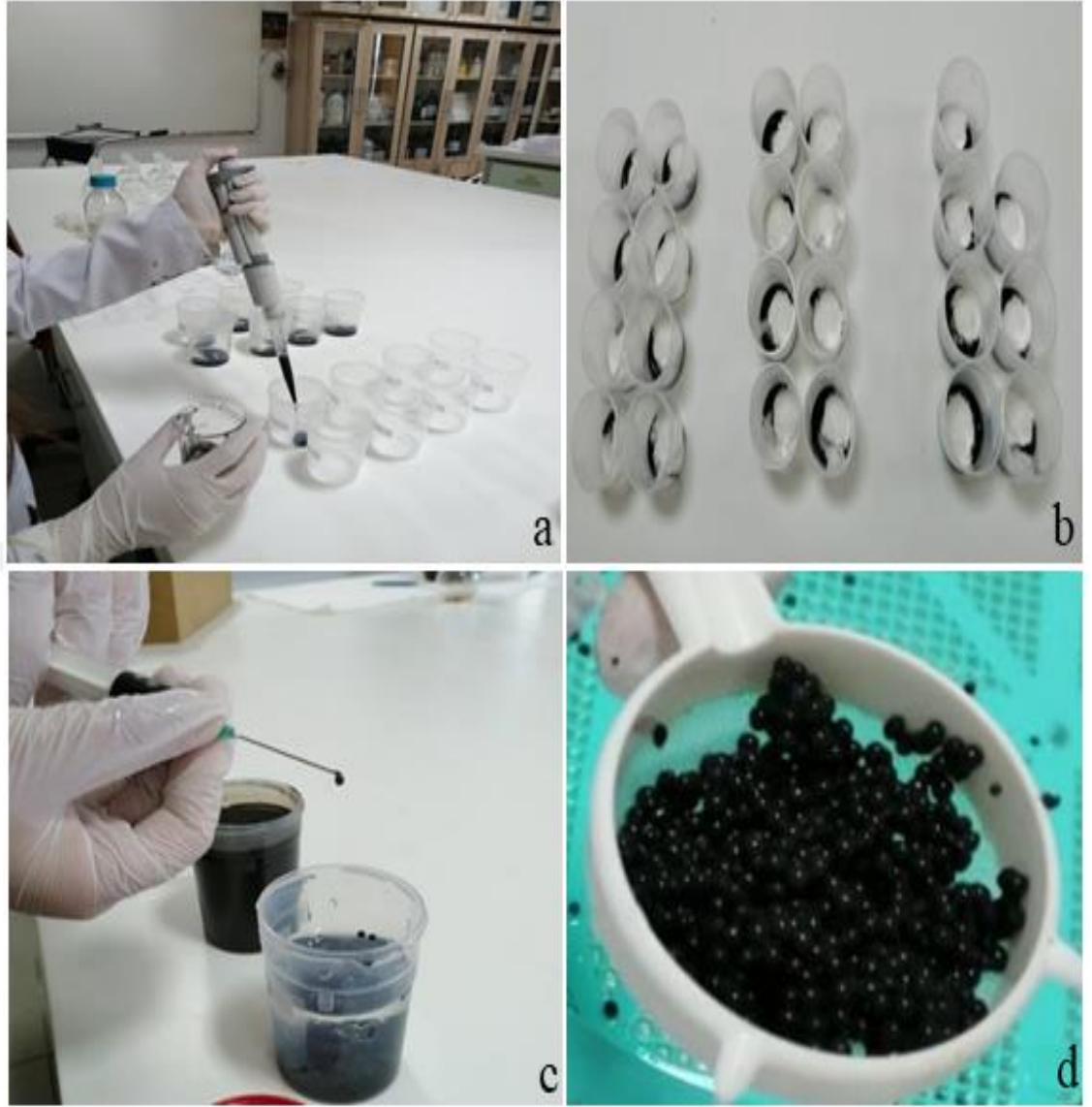


Şekil 3.2 İmitasyon havyar üretim koşullarının optimizasyonuna ait iş akış şeması

Çizelge 3.2. Mürekkep balığı işleme artıklarından imitasyon havyar üretim koşullarının optimizasyonuna ait cevap yüzey metodu deneme deseni

Deneme	Max-Min nok.				X_1	X_2	X_3	X_4
(S)					(g/100 mL)	(g/100 mL)		(g/100 mL)
S_1	0	0	0	0	3	1.5	7	1
S_2	0	0	$-\alpha$	0	3	1.5	5	1
S_3	0	0	0	α	3	1.5	7	1.5
S_4	1	-1	-1	1	3.5	1.25	6	1.25
S_5	$-\alpha$	0	0	0	2	1.5	7	1
S_6	1	1	1	-1	3.5	1.75	8	1.25
S_7	1	-1	1	-1	3.5	1.25	8	0.75
S_8	1	1	-1	-1	3.5	1.75	6	0.75
S_9	1	1	1	-1	3.5	1.75	8	0.75
S_{10}	0	0	0	0	3	1.5	7	1
S_{11}	1	-1	1	1	3.5	1.25	8	1.25
S_{12}	-1	-1	-1	-1	2.5	1.25	6	0.75
S_{13}	0	0	0	0	3	1.5	7	1
S_{14}	-1	1	-1	1	2.5	1.75	6	1.25
S_{15}	0	α	0	0	3	2	7	1
S_{16}	-1	-1	1	1	2.5	1.25	8	1.25
S_{17}	0	$-\alpha$	0	0	3	1	7	1
S_{18}	-1	1	1	1	2.5	1.75	8	1.25
S_{19}	1	-1	-1	-1	3.5	1.25	6	0.75
S_{20}	-1	-1	1	-1	2.5	1.25	8	0.75
S_{21}	α	0	0	0	4	1.5	7	1
S_{22}	1	1	-1	1	3.5	1.75	6	1.25
S_{23}	-1	-1	-1	1	2.5	1.25	6	1.25
S_{24}	-1	1	1	-1	2.5	1.75	8	0.75
S_{25}	0	0	0	0	3	1.5	7	0.5
S_{26}	0	0	α	0	3	1.5	9	1
S_{27}	-1	1	-1	-1	2.5	1.75	6	0.75

X_1 : NaCl miktarı (g/100 mL), X_2 : Sodyum aljinat miktarı (g/100 mL), X_3 : pH değeri, X_4 : MFI miktarı (g/100 mL)



Şekil 3.3. a) Numune kaplarına eklenen MFI; **b)** tuz, sodyum aljinat ve MFI eklenmiş örnekler; **c)** Hazırlanan solüsyonların enjektör yardımı ile kalsiyum klorür çözeltisinin içerisine damlatılması; **d)** saf sudan geçirilmiş imitasyon havyarlar

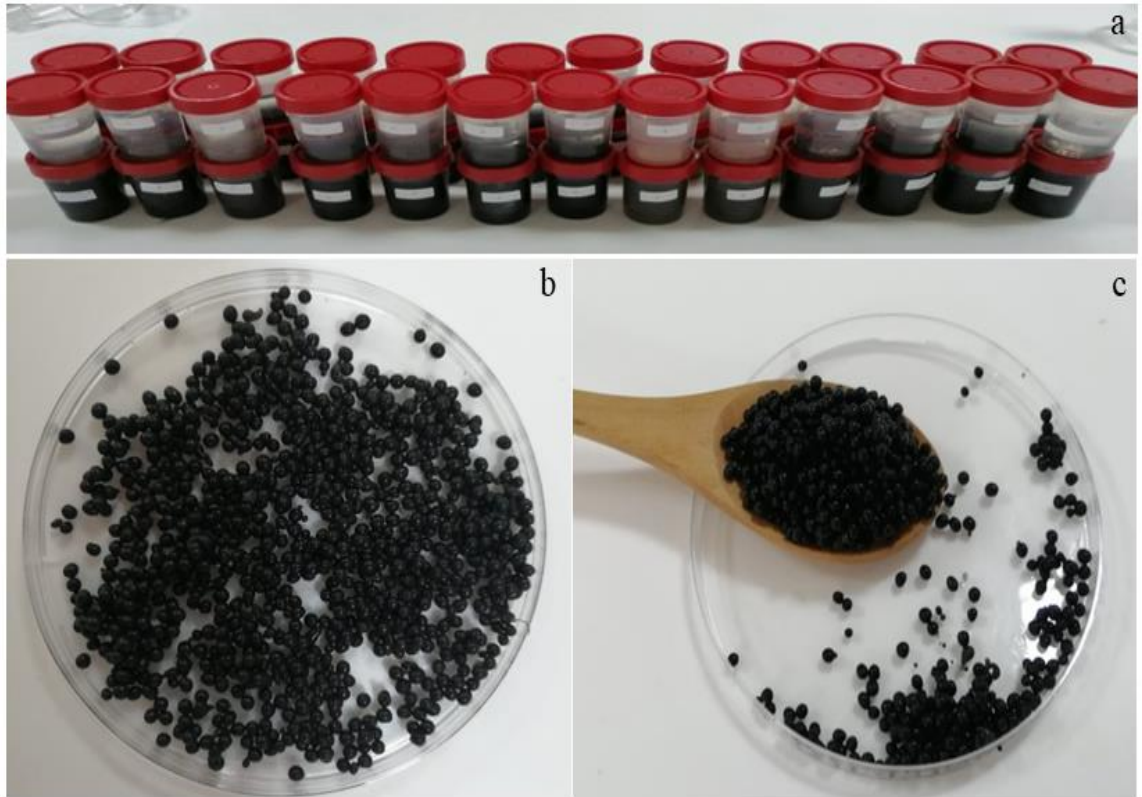
3.3. Analizler

3.3.1. pH tayini

Mürekkep balığı mürekkebinin ve imitasyon havyar çözeltilerinin pH ölçümleri pH-metre cihazı (Thermo PH200, ABD) ile yapılmıştır. Homojenize edilen örnekler 1:1 oranında distile su ile karıştırılmış ve cihazın probu daldırılarak pH ölçümleri yapılmıştır. Tüm ölçümler laboratuvar koşullarında aynı sıcaklıkta (yaklaşık 28°C'de) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. a) Tampon çözeltiler (0.1 N sitrik asit ve 0.1 N sodyum hidroksit) ve pH metre **b)** Solüsyonların pH metre ile ölçümü



Şekil 3.5. a) Numune kaplarında hazırlanan solüsyonlar; **b** ve **c** üretilen imitasyon havyarlarTektür profil analizi

3.3.2. Tekstür profil analizi

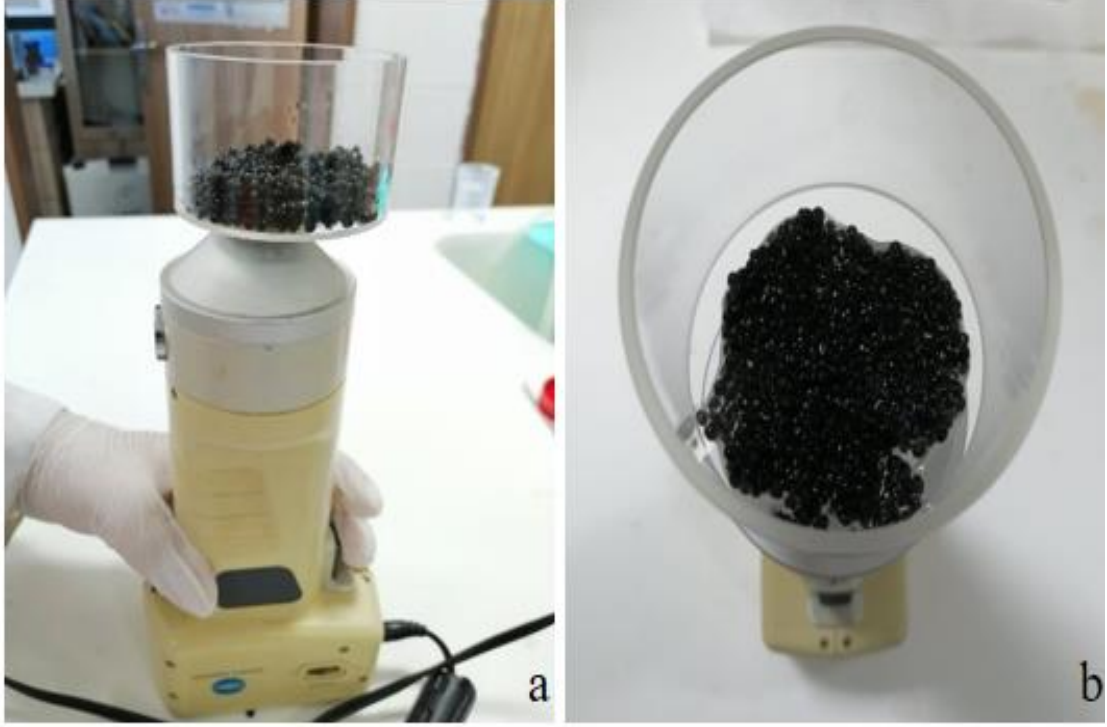
İmitasyon havyarın tekstür özellikleri Lupo vd. (2015) tarafından açıklanan yöntemin modifiye edilmesi ile tekstür analiz cihazı (Model TA-TX2, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, İngiltere) kullanılarak yapılmıştır. Tekstür analizi, tamamen imitasyon havyar ile tek sıra halinde doldurulmuş bir cam beher kabında (100 mL hacminde) (Isolab), 0.5 mm/s hızında bir plaka probu (7 cm çapında x 0.5 cm yüksekliğinde) gerçekleştirilmiştir. Doku profili analizi (TPA) eğrilerinden mekanik dokusal parametre sertlik hesaplanmıştır. NaCl, sodyum aljinat ve MFI konsantrasyonlarının imitasyon havyarın dokusal özellikleri üzerindeki etkisini incelemek için, numuneler imitasyon havyarın zarar görmesini önlemek için %30 sıkıştırmaya neden olan bir kuvvet uygulanarak karşılaştırılmıştır. İmitasyon havyar dokusu için temsili sonuçlar elde etmek amacıyla doku analizi üç tekerrür halinde yapılmış ve en az 3 ölçüm sonucu rapor edilmiştir.



Şekil 3.6. İmitasyon havyarların tekstür analizi

3.3.3. Renk ölçümü

Mürekkep balığı mürekkebinin ve imitasyon havyar örneklerinin parlaklık (L^*) değerleri renk ölçüm cihazı (CR-400, Minolta, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Optik camdan yapılmış hücre tutucu kabın tabanı tamamen havyar ile doldurulmuştur. Her bir havyar örneği için en az 5 ölçüm yapılarak bunların ortalaması hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. Renk ölçüm cihazı (CR-400, Minolta, Japonya) ile ölçüm yapılan imitasyon havyarlar

3.3.4. Duyusal değerlendirme

Havyar örneklerinin duyusal genel beğeni analizi Amerine vd. (2013)'ün yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Panel öncesi çalışma hakkında bilgi verilmeyen panelistlerden havyar örneklerini genel beğeni özellikleri açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Numuneler üç basamaklı rastgele sayılarla kodlanmış ve beyaz porselen tabaklarda sunulmuştur. Panelistlerden her bir numuneyi önce dokunarak, koklayarak ve daha sonra tadım yaparak değerlendirmeleri istenmiştir. Panelistlere her bir numune sonrasında ağızlarını nötrlemek amacıyla su ve bir parça buğday ekmeği (Uno, İstanbul, Türkiye) servis edilmiştir. Duyusal genel beğeni puanlamsında 9-nokta hedonik puanlama sistemi kullanılmıştır. Bu sisteme göre 7 -9 puanlar arası “çok iyi”; 4.0-6.9 puanlar arası “iyi”; 1.0-3.9 puanlar arası çok kötü, tüketilemez” olarak değerlendirilmiştir. Panelistler tarafından verilecek olan puanların ortalamaları alınmış ve her karakteristiğin ortalama puanları toplanarak toplam duyusal genel beğeni kalite değerlendirilmiştir.

3.3.5. Mürekkep balığı atıkları ve mürekkep oranının hesaplanması

Mürekkep balığının baş kısmı, kolları ve tentakülleri manto kısmından ayrılmıştır. Baş kısmından çene, radula, yutak, yemek borusu uzaklaştırılmış ve ayrıca iç organlar, kabuk ve deri manto kısmından ayrılmıştır. Geriye kalan yenebilir kısım olan baş ve manto birlikte tartılmıştır (Sikorski ve Kolodziejska 1986). Yenilebilen et ağırlığı ve atık miktarı vücudunun toplam ağırlığına oranla hesaplanmıştır. Mürekkep kesesi atıklar içerisinden ayrılmış ve mürekkebi ekstrakte edilmiştir. Mürekkebi tartılarak toplam ağırlığına oranı hesaplanmıştır.

Mürekkep balığının atıkları ve mürekkep verimi aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır;

a) Mürekkep atık miktarının (A), mürekkep balığı toplam ağırlığına (V) oranı;

$$\text{İşleme atığı oranı (\%)} = \frac{A}{V} \times 100$$

b) Mürekkep balığı mürekkebinin (M), mürekkep balığı toplam ağırlığına (V) oranı;

$$\text{Mürekkep oranı (\%)} = \frac{M}{V} \times 100$$

3.3.6. Hacim-yoğunluk analizi

Havyarların hacim yoğunluk (Bulk density, BD) analizi Beristain vd. (2001) tarafından belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre 50 ml kapasiteli cam bir mezür içerisine 10 ml saf su konularak, darası alınmıştır. İçerisine 30 adet havyar eklenmesinin ardından havyarların ağırlığı ve hacmi ölçülerek aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır

Havyarın ağırlığının (A), hacmine (V) oranı;

$$\text{Hacim - Yoğunluk} = \frac{A}{V}$$



Şekil 3.8. Havyarların hacim yoğunluk analizi.

3.3.7. Optik mikroskopi analizi

Havyar örneklerinin morfolojik özelliklerini gösteren optik mikroskop görüntüleri (Model SMZ745T Nikon Instech Co., Ltd., Tokyo, Japonya) cihazının kamera yardımı ile çekilmiştir. Lam üzerine konulan farklı özellikteki havyar örnekleri 40x büyütme ile incelenmiş ve yüzeyinden uygun fotoğraflar alınarak havyarların morfolojik özellikleri (yuvarlak-yamukluk-pürüzlülük) belirlenmiştir.

3.3.8. İmitasyon havyar mürekkep enkapsülasyon verimliliği analizi

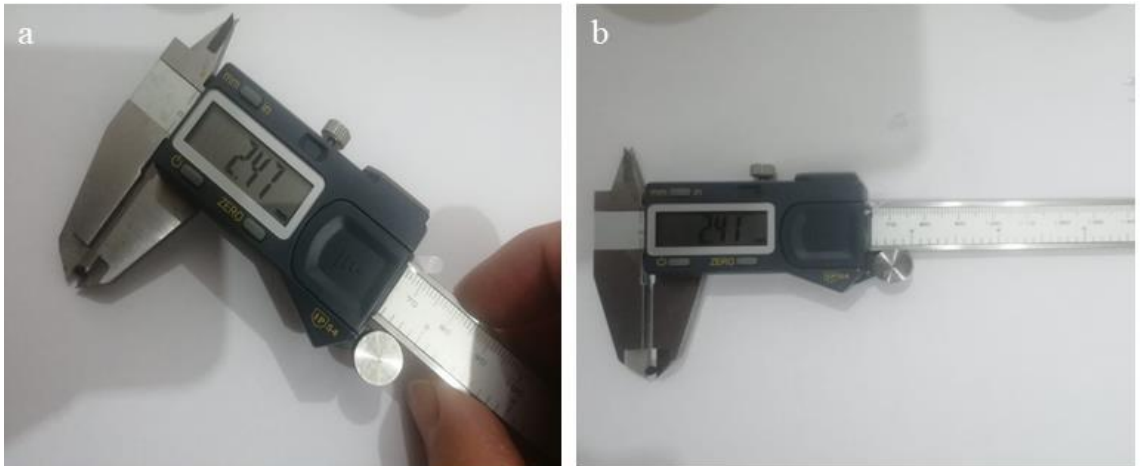
İmitasyon havyarların mürekkep balığı mürekkeğini tutma kabiliyetleri, havyarların dokuz saat boyunca oda sıcaklığında $22 \pm 1^\circ\text{C}$ saf suda bekletilerek Zhang vd. (2016)'nın belirttiği yöntemle göre belirlenmiştir. Bu kapsamda, havyarların bekletildiği sudan her saat başı örnek alınıp alınan örneklerin 280 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Thermo Scientific Evulation 160 UV VIS) absorbansının ölçülmesi ile suya bırakılan mürekkep miktarı belirlenmiştir. Enkapsülasyon verimliliği (%) ise, havyarların her saat başı suya bıraktıkları mürekkep miktarının üretim sonrası havyarlarda bulunan mürekkep miktarından çıkartıldıktan sonra havyarlarda bulunan ilk mürekkep miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Enkapsülasyon verimliliği analizinin spektrofotometre ölçümleri

3.3.9. Havyarların büyüklüklerinin (çaplarının) belirlenmesi

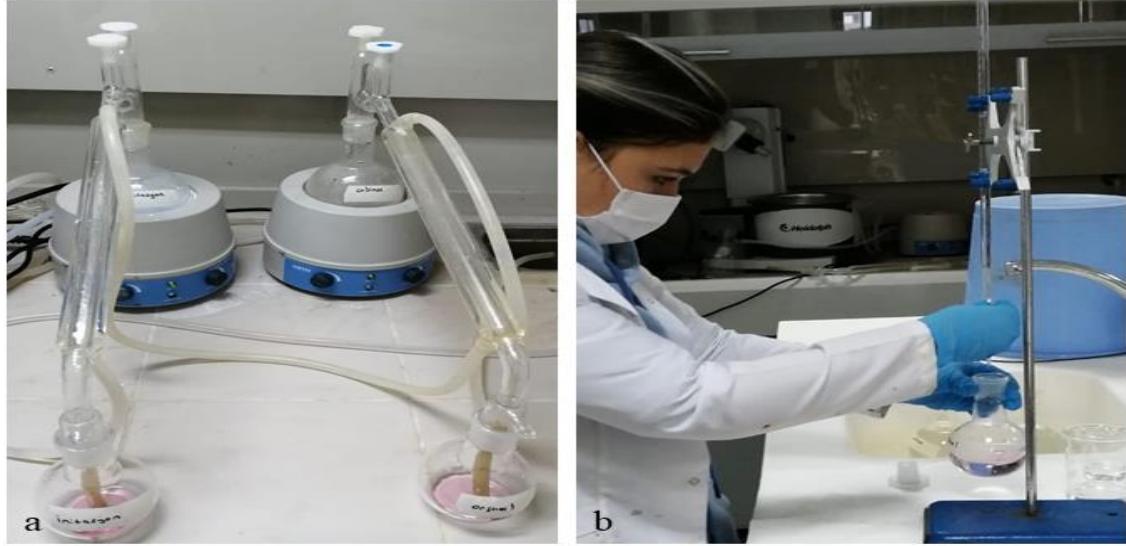
Havyar örneklerinin büyüklükleri (çapları), dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür. 20 adet havyar örneği alınarak her birinin ölçümleri yapılmış olup ortalamaları alınmış ve bu ortalamalar havyarların çapı olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.10. Havyarın çaplarının dijital kumpas ile ölçümü

3.3.10. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizi

Havyar örneklerinin buzdolabı koşullarında (4 ± 1 °C) 30 gün muhafazası süresince kimyasal olarak bozulması uçucu bazik azot (TVB-N) analizi ile tespit edilmiştir (Schormüller 1968). Bu doğrultuda 10g örnek 1mg magnezyum oksit ve 1-2 damla köpük kesici silikon ile distile edilmiştir. Distilata 10 ml HCl (0.1 N) ve 0.1 ml Tashiro indikatörü eklendikten sonra 0.1 NaOH ile titre edilmiştir. Harcanan miktar üzerinden örneğin TVB-N değeri belirlenerek mg/100g örnek şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 3.11. TVB-N analizi görseli

3.3.11. Antioksidan aktivite analizi

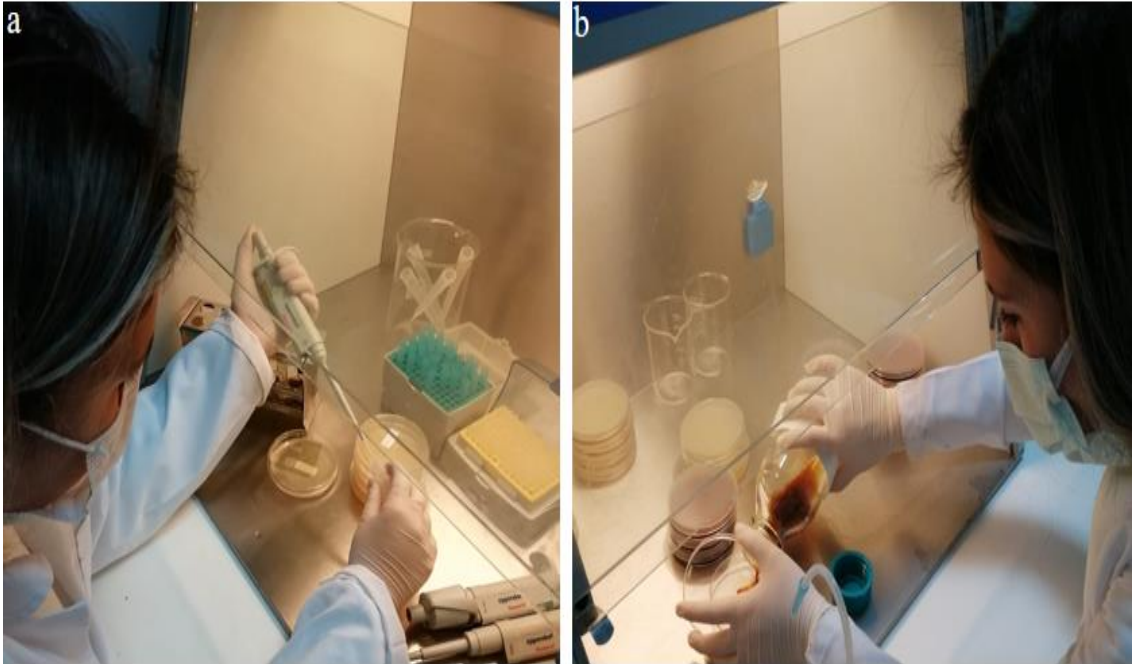
Örneklerin antioksidan aktiviteleri Binsan vd. (2008) tarafından geliştirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Bu metod antioksidanların kararlı ve sentetik DPPH (2,2-difenil-1-pikril hidrazil) radikalini süpürücü etkilerini ölçmeye dayalı bir yöntemdir. Koyu mor renkli bir radikal olan olan DPPH 517 nm’de maksimum absorbans vermektedir. Ortamda antioksidan bulunduğunda, antioksidan tarafından indirgenip rengi açılarak DPPH indirgenmiş molekülüne dönüşmekte ve absorbansı azalmaktadır. Antioksidanların radikal süpürme kabiliyetlerini değerlendiren kolay ve hızlı bir yöntemdir. Yaklaşık 0,1 mL örnek, %95 (h/h) etanol içindeki 4.9 ml 0.15 mM 2,2-difenil-1-pikilhidrazil DPPH çözeltisi ile karıştırılmış ve karanlıkta 30 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Numunelerin absorbansı, inkübasyon süresinin sonunda spektrofotometre (Shimadzu UV-1800 spektrofotometresi, Japonya) ile 517 nm’de ölçülmüştür. Trolox kullanılarak 0 ila 50 μ M aralığında standart bir eğri hazırlanmıştır. Havyar örneklerinin antioksidan aktivitesi, μ mol Trolox eşdeğerleri (TE) g olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.12. Antioksidan analizinin spektrofotometre ölçümleri

3.3.12. Mikrobiyolojik analiz

Havyar örneklerinin buzdolabı koşullarında (4 ± 1 °C) 30 gün muhafazası süresince mikrobiyolojik kalitesindeki değişimler Cousins vd. (1992)'nin belirttiği yöntemle göre toplam psikrofil aerobik bakteri (TPAB) sayımı ile belirlenmiştir. Depolanan havyar örneklerinden seri dilusyonlar hazırlandıktan sonra TPAB sayımı için plate count agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. Yayma Plak Yöntemine göre petrilere yayılan örnekler toplam aerobik bakteri sayımı için 6°C'ye ayarlanmış soğutmalı inkübatörde 5 gün bekletildikten sonra koloniler sayılarak sonuçlar 1 gram örnekteki koloni sayısı (kob/g) şeklinde verilmiştir.



Şekil 3.13 Mikrobiyoloji çalışmaları

3.3.13. İstatistiksel analizler

Deneme ayrı zamanlarda iki kez tekrar edilmiş ve tüm analizler iki paralelli olarak yürütülmüştür. Turkey testine tabi tutulmuştur. Analizler sonucu tespit edilen verilere varyans analizi uygulanmıştır. İstatistik analizleri için MINITAB 18 yazılımı (Minitab Inc., State College, PA, USA) kullanılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mürekkep Balığı Atıkları ve Mürekkep Oranı

Araştırma sonucunda, 14 adet *Sepia officinalis* mürekkep balığının toplam ağırlığı 2.015 g olup, işleme atığı 980.6 g, mürekkep miktarı ise 44.6 g bulunmuştur. Yenilebilir et oranı %61.33 ve artık miktarı %38.67 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Mürekkep miktarı ise %2.21 olarak tespit edilmiştir. *Sepia officinalis* mürekkep balığının artık verimi ile ilgili yapılan bir çalışmada yenilebilir kısımlarının ortalama %60.88 olduğu, atık miktarının ise %39.12 belirtilmiştir (Şengör vd. 2018). Başka bir çalışmada ise *Sepia officinalis* türü mürekkep balığının atık miktarının %15-25 arasında olduğu bildirilmektedir (Kechaou vd. 2009). Balti vd. (2010) *Sepia officinalis* atık miktarının %35 olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.1 Mürekkep oranı ve atık miktarları

Mürekkep balığı işleme atığı ve mürekkep oranı (%)	
İşleme atığı oranı	38.67
Mürekkep oranı	2.21
Yenilebilir et oranı	61.33

4.2. İmitasyon Havyar Üretim Koşullarına Ait Bulgular

Cevap Yüzey Yöntemi deneme desenine göre melaninsiz mürekkep (MFI) kullanılarak üretilen imitasyon havyarlara ait sertlik, parlaklık ve duyuşal genel beğeni değerleri Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Üretilen havyarlarda ulaşılmak istenen hedefler, Lumpfish havyarın sahip olduğu sertlik (1.7) ve parlaklık (21.9) değerlerinin yanısıra en yüksek duyuşal genel beğeni (9) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2’ye göre hedeflenen değerlere en yakın imitasyon havyar hedeflenen sertlik değerine ulaşan 1.71 N ile S_{23} örneği denilebilir. Bu örneğe ait parlaklık değeri 21.88 ve duyuşal genel beğeni puanı 7’dir. En yüksek duyuşal genel beğeni karşılayan S_{25} örneği yumuşak (1.53 N) ve parlaklığı beklenenden yüksek (24.16) değerde bir havyardır. Parlaklık değerinin karşılandığı S_{11} ve S_{22} (21.94) örneklerinde ise duyuşal beğeni düşük (6.75) olmasının yanısıra sertlik değerleri yüksektir.

Elde edilen bulgulara göre NaCl ve sodyum aljinat miktarlarının arttırılması, sertliği arttırmaktadır. MFI konsantrasyonundaki artış ise parlaklık (L^*) seviyesini azaltmasının yanısıra duyuşal beğeni arttırmıştır. Ekstraksiyon verimi için Design Expert 12.0’ın 2FI denklemleri için ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.3’ de verilmiştir.

Sırasıyla Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5’te sertlik, parlaklık ve duyuşal genel beğeni verilerine ait varyans (ANOVA) analizi sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Mürekkep balığı (*Sepia officinalis*) işleme artıklarından imitasyon havyar üretim koşullarına ait parametreler ve ürünlerin sertlik, parlaklık, duyuusal genel beğeni değerleri

Deneme (S)	X_1 (g/100 mL)	X_2 (g/100 mL)	X_3	X_4 (g/100 mL)	Sertlik (N)	Renk (L*)	Duyuusal
S_1	3	1.5	7	1	1.83	22.82	6.75
S_2	3	1.5	5	1	1.82	22.15	5.25
S_3	3	1.5	7	1.5	1.81	20.25	7.75
S_4	3.5	1.25	6	1.25	2.57	21.83	6.75
S_5	2	1.5	7	1	1.65	22.79	7
S_6	3.5	1.75	8	1.25	2.79	21.96	7.75
S_7	3.5	1.25	8	0.75	2.61	23.29	6
S_8	3.5	1.75	6	0.75	2.83	23.19	4.5
S_9	3.5	1.75	8	0.75	2.8	23.32	6
S_{10}	3	1.5	7	1	1.83	22.82	5.75
S_{11}	3.5	1.25	8	1.25	2.6	21.94	8.25
S_{12}	2.5	1.25	6	0.75	1.71	23.16	5.75
S_{13}	3	1.5	7	1	1.83	22.82	6
S_{14}	2.5	1.75	6	1.25	2.64	21.86	7.75
S_{15}	3	2	7	1	2.81	22.82	5.75
S_{16}	2.5	1.25	8	1.25	1.73	21.87	8.75
S_{17}	3	1	7	1	1.66	22.79	5.75
S_{18}	2.5	1.75	8	1.25	2.66	21.82	8
S_{19}	3.5	1.25	6	0.75	2.58	23.17	4.75
S_{20}	2.5	1.25	8	0.75	1.72	23.18	7
S_{21}	4	1.5	7	1	2.88	22.84	5
S_{22}	3.5	1.75	6	1.25	2.82	21.94	6.75
S_{23}	2.5	1.25	6	1.25	1.74	21.88	7.5
S_{24}	2.5	1.75	8	0.75	2.67	23.21	7
S_{25}	3	1.5	7	0.5	1.84	24.16	3.75
S_{26}	3	1.5	9	1	1.82	22.18	7
S_{27}	2.5	1.75	6	0.75	2.64	23.07	5.75

X_1 : NaCl miktarı (g/100 mL), X_2 : Sodyum aljinat miktarı (g/100 mL), X_3 : pH değeri, X_4 : MFI miktarı (g/100 mL)

Çizelge 4.3. Sertlik verilerine ait Varyans (ANOVA) Analizi Sonuçları

Kaynak	KT	SD	KO	F-değeri	p-değeri
Model	4.3	10	0.4	3.63	0.01
X_1 =NaCl	1.8	1	1.8	15.2	0.00*
X_2 =Sodyum aljinat	2	1	2	16.82	0.00*
X_3 = pH	0	1	0	0	0.98
X_4 = MFI	0	1	0	0	0.97
X_1X_2	0.5	1	0.5	4.26	0.06
X_1X_3	0,00	1	0	0	0.97
X_1X_4	0	1	0	0	0.96
X_2X_3	0	1	0	0	0.96
X_2X_4	0	1	0	0	0.97
X_3X_4	0	1	0	0	0.98
Artık hata	1.9	16	0.1		
Uyum eksikliği	1.9	14	0.1		
Saf hata	0	2	0		
Toplam	6.2	26			

KT, kareler toplamı; KO, kareler ortalaması; R^2 : 0.9990; düzeltilmiş R^2 : 0.9984; C.V. %0.7207; *(p <0.05) parametrenin önemsiz olduğu ifade edilmektedir.

Varyans analizi (ANOVA) (Çizelge 4.3) modeldeki olasılık (probabilite) değerlerinden NaCl ve sodyum aljinat miktarları p<0.05 değerinin altındadır. Bu değer sertlikte tuz ve sodyum aljinat miktarının belirleyici olabileceğine işaret etmektedir. Modelin doğruluğunu ifade eden R^2 değerinin 0.9990 olarak tespit edilmesi ise modelin deneysel tahmin kapasitesinin yüksek olduğunu ifade etmektedir. Buna göre tuz ve sodyum aljinat arttıkça sertliğin artması beklenmelidir.

Çizelge 4.4. Parlaklık verilerine ait varyans (ANOVA) analizi sonuçları

Kaynak	KT	SD	KO	F-değeri	p-değeri
Model	14	10	1.4	14.08	0.0
X_1 =NaCl	0.02	1	0.02	0.2	0.66
X_2 =Sodyum aljinat	0	1	0	0.01	0.94
X_3 = pH	0.01	1	0.01	0.14	0.71
X_4 = MFI	14	1	14	140.28	0.00*
X_1X_2	0.01	1	0.01	0.06	0.81
X_1X_3	0	1	0	0.05	0.83
X_1X_4	0	1	0	0.01	0.92
X_2X_3	0	1	0	0	0.98
X_2X_4	0	1	0	0	0.96
X_3X_4	0.01	1	0.01	0.07	0.79
Artık hata	1.59	16	0.1		
Uyum eksikliği	1.59	14	0.11		
Saf hata	0	2	0		
Toplam	15.6	26			

KT, kareler toplamı; KO, kareler ortalaması; R^2 : 0.8983; düzeltilmiş R^2 : 0.8348; C.V. %1.40; P, olasılık; *(p < 0.05) parametrenin önemsiz olduğu ifade edilmektedir.

Varyans analizi (ANOVA) (Çizelge 4.4) modeldeki olasılık (probabilite) değerlerinden MFI $p < 0.05$ değerinin altındadır. MFI miktarı parlaklık (L^*) değerinin artmasında belirleyici olabileceğine işaret etmektedir. Modelin doğruluğunu ifade eden R^2 değerinin 0.8983 olarak tespit edilmesi ise modelin deneysel tahmin kapasitesinin yüksek olduğunu ifade etmektedir. Buna göre MFI miktarı arttıkça parlaklık (L^*) değerinin de azalması beklenmelidir.

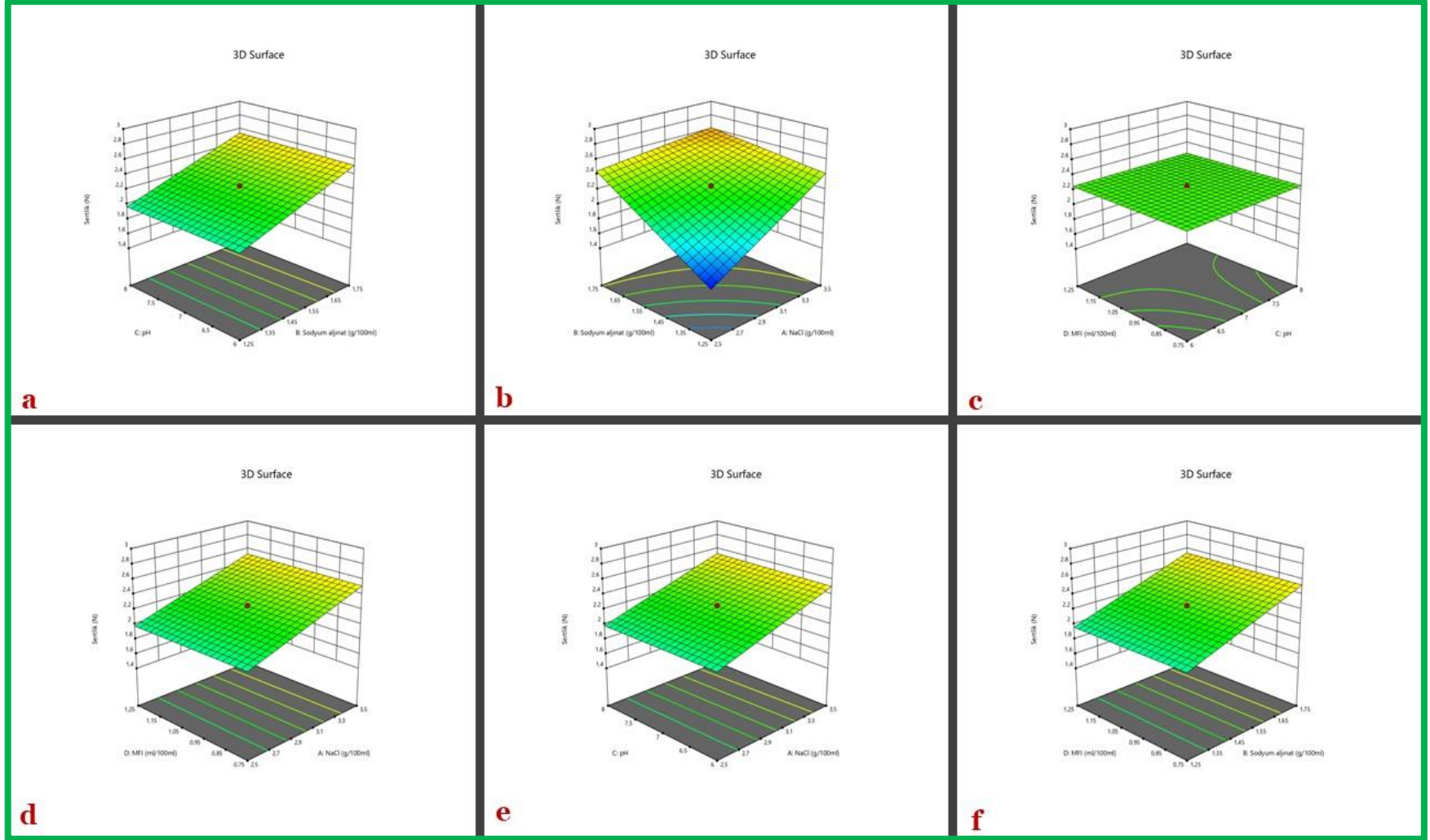
Çizelge 4.5. Duyusal genel beğeni verilere ait varyans (ANOVA) analizi sonuçları

Kaynak	KT	SD	KO	F-değeri	p-değeri
Model	38.95	10	3.90	14.57	0.0001
X_1 =NaCl	4.82	1	4.82	18.02	0.0006**
X_2 =Sodyum aljinat	5.27	1	5.27	19.73	0.0004**
X_3 = pH	6.77	1	6.77	25.34	0.0001**
X_4 = MFI	21.57	1	21.57	80.69	0.0001**
X_1X_2	0.0039	1	0.0039	0.0146	0.9053
X_1X_3	0.0977	1	0.0977	0.3654	0.5540
X_1X_4	0.1914	1	0.1914	0.7162	0.4099
X_2X_3	0.0977	1	0.0977	0.3654	0.5540
X_2X_4	0.0352	1	0.0352	0.1315	0.7216
X_3X_4	0.0977	1	0.0977	0.3654	0.5540
Artık hata	4.28	16	0.2673		
Uyum eksikliği	4.28	14	0.3055		
Saf hata	0.0000	2	0.0000		
Toplam	43.23	26			

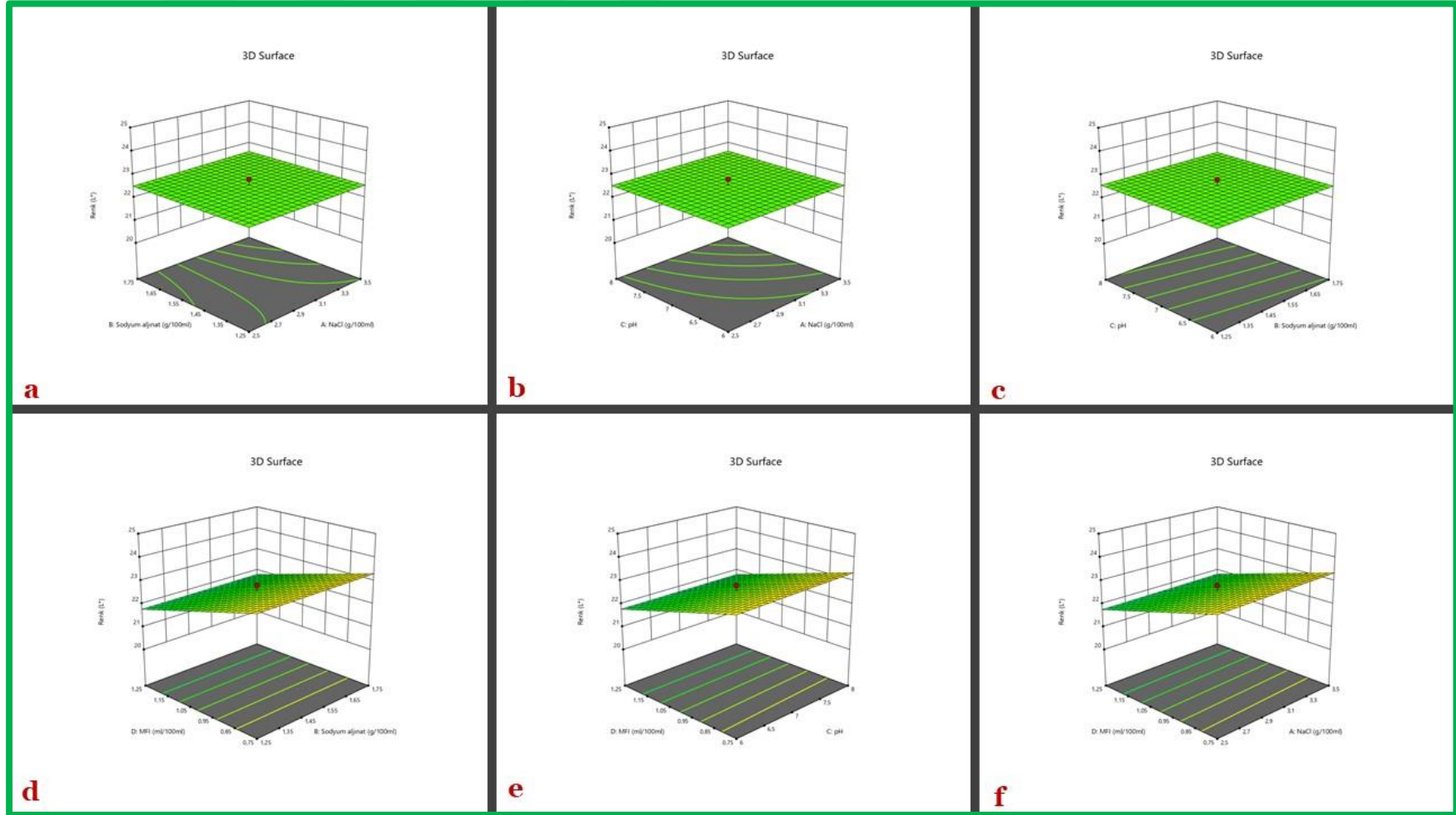
KT, kareler toplamı; KO, kareler ortalaması; R^2 : 0.8751; düzeltilmiş R^2 : 0.7970; C.V. %8.43; P, olasılık; *($p < 0.05$) parametrenin önemsiz olduğu ifade edilmektedir.

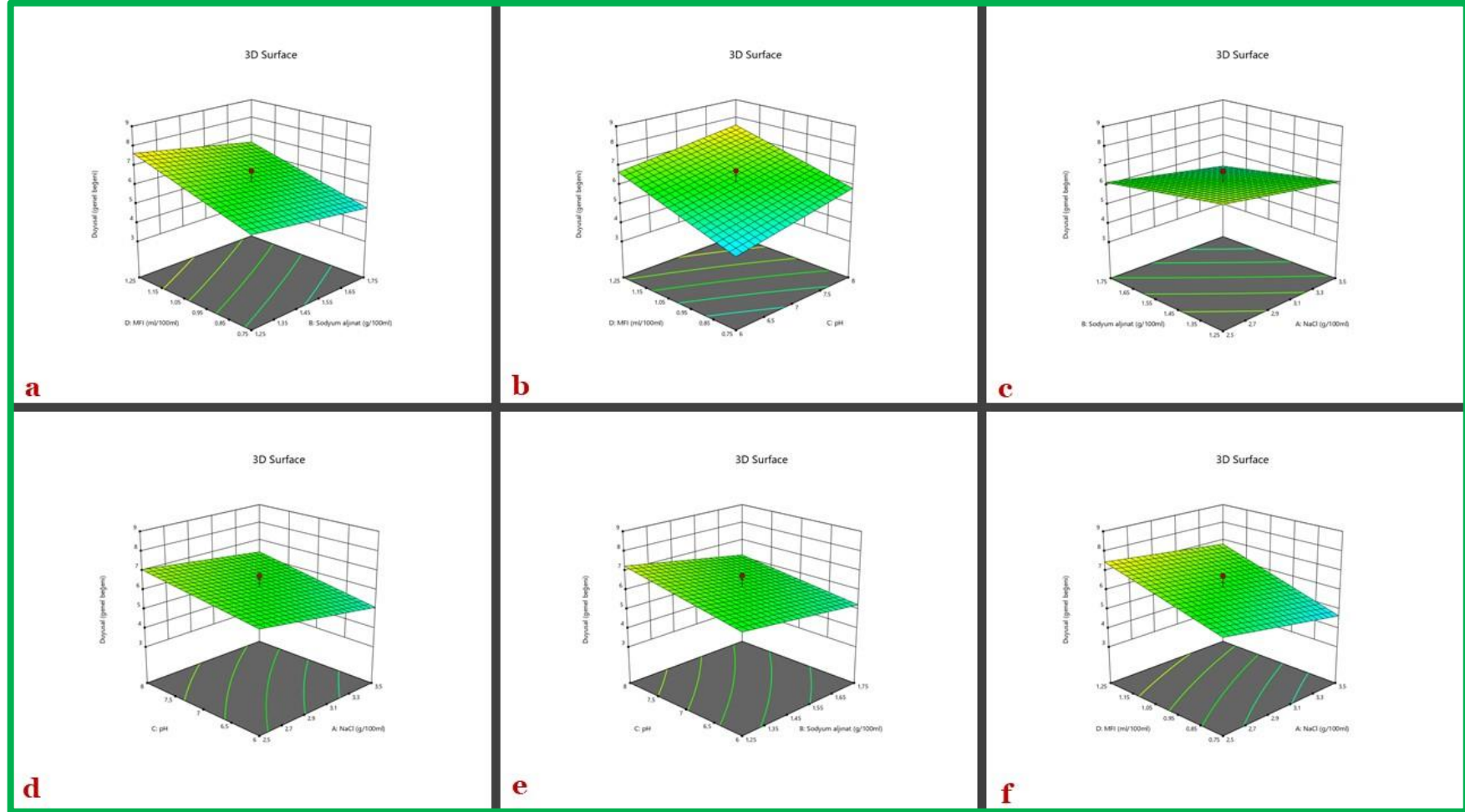
Varyans analizi (ANOVA) (Çizelge 4.5) modeldeki olasılık (probabilite) değerlerinden NaCl (tuz), pH ve MFI $p < 0.05$ değerinin altındadır. NaCl, MFI ve pH duyusal genel beğeni özellik üzerinde belirleyici olabileceğine işaret etmektedir. Modelin doğruluğunu ifade eden R^2 değerinin 0.8751 olarak tespit edilmesi ise modelin deneysel tahmin kapasitesinin yüksek olduğunu ifade etmektedir. Buna göre NaCl miktarı azaldıkça pH değeri ve MFI miktarı arttıkça genel beğeni değerlerinin artması beklenmektedir.

Sertlik, parlaklık ve genel beğeni ile ilgili 3 boyutlu grafikler Şekil 4.1, 4.2, 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Sertlik (N) değerinin sabit koşullarda optimum değerlerinin grafikleri

Şekil 4.2 Parlaklık (L^*) değerinin sabit koşullarda optimum değerlerinin grafikleri



Şekil 4.3. Duyusal genel beğeni değerinin sabit koşullarda optimum değerlerinin grafikleri

Sertlik (N) değerine NaCl, Na alginat, pH ve MFI bağımsız faktörlerinin etkileri Şekil 4.1'de verilmiştir. Her iki değişkenin artışında da ivlenmelenme gözlenmiştir. Sodyum aljinat ve NaCl konsantrasyonunun maksimum olduğu bölgelerde sertlik (N) değeri de maksimum değere ulaşmıştır (Şekil 4.1 ; b). pH değeri (Şekil 4.1 a; c; e) ve MFI konsantrasyonu (Şekil 4.1 d; f) sertlik (N) değerine etki etmediği görülmüştür. Topuz vd. (2020) farklı konsantrasyonlarda NaCl ve melanin içermeyen kalamar mürekkebi kullanarak havyar benzeri hidrojel boncuklar üretmişler ve NaCl konsantrasyonundaki artışın havyar benzeri hidrojel boncukları sertleştirdiğini belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise Maleki vd. (2020), farklı konsantrasyonlarda küreleme yöntemi ile üretilen hidrojel boncuklarında sodyum aljinat konsantrasyonundaki artışın hidrojel boncuklarının sertliğini arttırdığını belirtmiştir. Gerçekleştirilen tez çalışmasında da benzer durum söz konusu olup, sodyum aljinat ve NaCl kullanımındaki artış imitasyon havyarın sertlik değerini arttırmıştır.

Parlaklık (L^*) değeri üzerindeki etkiler Şekil 4.2'de verilmiştir. pH değeri, Na alginat ve NaCl konsantrasyonlarının parlaklık değeri üzerine etkisinin olmadığı (Şekil 4.2; a; b; c) ve MFI konsantrasyonunun artmasının parlaklık (L^*) değerini azalttığı, yani siyahlığı arttırdığı gözlemlenmiştir. (Şekil 4.2; d; e; f). Parlaklık, gıdanın en önemli duyusal genel beğeni özelliklerinden biridir. Bu nedenle genel gıda kalitesinde üstün bir konuma sahiptir (Clydesdale 1991). Siyahımsı renkli MFI, havyar benzeri hidrojel ürünlere iyi bir alternatif olabilmektedir. Melaninsiz mürekkep balığı mürekkebi ile üretilen havyar benzeri hidrojel boncuklarda MFI konsantrasyonundaki artışın siyahlığı artırdığını ancak pH'ı artırmanın veya azaltmanın parlaklık üzerinde etkisi olmadığı ortaya konulmuştur (Topuz vd. 2020).

Duyusal genel beğeni değeri Şekil 4.3'te görülmektedir. Sodyum aljinat ve NaCl konsantrasyonlarının maksimum olduğu bölgelerde duyusal genel beğeni değeri minimumdur (Şekil 4.3; c). Her iki değişkende de (Şekil 4.3; a; d; e; f) duyusal genel beğeni değerde negatif lineer azalma olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak artan NaCl ve sodyum aljinat konsantrasyonları duyusal genel beğeni değerini olumsuz yönde etkilemektedir. NaCl, ürünün duyusal genel beğeni kalitesi üzerinde büyük öneme sahiptir (Chen vd. 2020). NaCl, düşük seviyelerde görülen kendine özgü tatlı bir tada sahiptir ve bu nedenle yüksek tuzluluk seviyeleri istenmeyen bir durumdur (Bartoshuk vd. 1978). Yong vd. (2011) sodyum aljinat konsantrasyonunun Trabzon hurması kalsiyum aljinat boncuklarının fiziksel ve duyusal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda sodyum aljinat konsantrasyonunun sertlik ve çiğnenebilirlik gibi duyusal özellikleri olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Bu nedenle NaCl ve sodyum aljinat artışı duyusal kalitenin iyileştirilmesi açısından tercih edilmemektedir.

pH değeri ve MFI konsantrasyonunun maksimum olduğu bölgelerde duyusal değer maksimum değere ulaşmıştır (Şekil 4.3; b). Her iki değişkende de duyusal genel beğeni değerde pozitif bir lineer artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.3; a; f). pH değeri ve MFI konsantrasyonunun arttırılması duyusal genel beğeni değeri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Acılık yoğunluğu, asidin etkisiyle orantılı olarak pH ile ters orantılı olarak artma eğilimindedir (Fischer ve Noble 1994; Demiglio ve Pickering, 2008). Bu nedenle düşük pH, acılık ve asitlik etkisinden dolayı duyusal genel beğeni değerini azalttığı düşünülmektedir. Deniz ürünlerine lezzet veren MFI'nin lezzetinden dolayı sos olarak

kullanıldığı bilinmektedir (Mouritsen ve Styrbaek 2021). MFI konsantrasyonunun artması ile duyuşsal genel beğeni özellik üzerinde olumlu bir etki yaratılmıştır

4.3. Mürekkep Balığı (*Sepia officinalis*) İşleme Atıklarından İmitasyon Havyar Üretim Koşullarının Optimizasyonu

Melaninsiz mürekkep balığı mürekkebi ile imitasyon havyar üretiminde elde edilen deneysel ve tahmini sertlik, parlaklık ve genel beğeni sonuçları Çizelge 4.6 de verilmiştir. Üretilen imitasyon havyarlar sonucunda elde edilen değerler Design expert 12.0 istatistik programı kullanılarak sertlik, parlaklık ve duyuşsal genel beğeni değeri baz alınarak imitasyon havyar üretim koşulları optimize edilmiştir.

Lumpfish havyar hedef değerleri dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucu NaCl miktarı 2.004 g, sodyum aljinat miktarı 1.254 g, pH değeri 8.12 ve MFI konsantrasyonu 1.387 ml optimum koşullar olarak saptanmıştır. Bilgisayar programı ile yapılan analizde tahmini elde edilmesi gereken optimum sertlik değeri 1.68 N, parlaklık (L*) değeri 21.87 ve duyuşsal genel beğeni 8.992 bulunmuştur. Yapılan istatistik analizinde bu değerler karşılaştırılmış ve deneysel sonuçlar ile tahmini sonuçlar arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı tespit edilmiştir. Bilgisayar programı sonucu elde edilen tahmini değerler ve deneysel değerler arasında fark bulunmaması optimizasyonun doğruluğunu göstermektedir.

Çizelge 4.6. Optimum koşullar, lumpfish havyarın hedef değerleri için imitasyon havyar koşulları

Optimum Koşullar				Verim		t-test		
				Tahmini	Deneysel	t Stat	p-value	
NaCl	Sodyum alginate	pH	MFI	Sertlik (N)	1.68	1.69 ± 0.16	0.35	0.747
(g/ 100 mL)	(g/100 mL)		(g/100 mL)	Parlaklık(L)	21.87	21.93±0.05	0.7	0.534
2.004	1.254	8.12	1.387	Duyusal	8.99	8.75±0.43	1.37	0.265

Tahmin edilen ve deneysel bulgular arasındaki farkın önemini ölçmek için t-testi sonuçları da modellerin geçerliliğini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Yüksek p değerleri önemsiz bir farkı yansıtmaktadır. Bu nedenle modelin imitasyon havyarda optimum üretim koşulları için deneysel verilerle güvenilir olduğu kanıtlanmış değerleri tahmin ettiğini bildirmektedir

4.4. Lumpfish ve İmitasyon Havyarın Depolama Sırasında TVB-N Analizlerine Ait Bulgular

Havyarın raf ömrünün belirlenmesi, havyar ikamesine katkı sağlamaktadır (Alak vd. 2021). Raf ömrünü belirleyen indikatörlerden olan TVB-N, antioksidan aktivite ve TPAB değerleri sonucunda havyar ikamesi olan imitasyon havyar ile lumpfish havyarının raf ömürleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Yapılan bir çalışmada MFI %2.51 (Neifar vd. 2009) ve lumpfish havyarının %11 protein içerdiği ortaya konulmuştur (Senyushkina 2016). TVB-N esas olarak mikrobiyal aktivitenin bir sonucu olarak proteinlerin ve protein olmayan azotlu bileşiklerin yıkılması ile ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan azotlu bileşiklerin belirlenmesi balık kalitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Bekhit vd. 2021). Genel olarak TVB-N değeri taze su ürünlerde 5-20 mg/100g olarak kabul edilirken, TVB-N Limitleri Tebliği (Tebliğ No:2012/73)” gereğince birçok su ürünlerinde TVB-N üst limiti olarak 35 mg/100 g kabul edilmektedir. (Fuentes vd. 2011; Özoğul vd. 2016).

Lumpfish havyar, depolamanın başlangıcında 7.0 ± 0.1 mg/100 g değerinde olup, 30. günde 23.8 ± 0.05 mg/100 g değerine ulaşmıştır. Depolama süresince istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir artış gösterse de, süre sonunda tüketilebilir kalitesini korumuştur. İnanlı vd. (2010), farklı oranlarda tuzlanan gökkuşuğu alabalığı havyarında depolama süresince meydana gelen kimyasal ve duyuşal değişimleri incelemişlerdir. +4 C'de depolanan %4 tuzlulukta havyarın TVB-N değeri 0.gün 7.06 ± 0.08 mg/100 g, ve 28. gün 22.07 ± 1.85 mg/100 g-olarak bildirmiştir. Panjaitan vd. (2020) ise depolama (4°C) sırasında barramundi (*Lates calkariifer*) havyarının kalite değişiklikleri üzerinde farklı işlemlerin etkisini belirledikleri-çalışmada %3.5 tuzlulukta 28. günde 24.35 ± 0.08 mg/100 g TVB-N değeri bildirmiştir. Lumpfish havyarın soğuk depolama (4°C) şartlarında görülen TVB-N artışı diğer çalışmalarda tespit edilen değerler ile uyum içerisinde.

Başlangıç TVB-N seviyesi 4.2 ± 0.1 mg/100 g olan imitasyon havyar, depolamanın 30. gününde 14 ± 0.15 mg/100 g değeri ile önerilen tazelik sınırının oldukça altında belirlenmiştir. Karim vd. (2016) mürekkep balığı mürekkebi ile kaplanmış kalamarın (*Loligo duvauceli*) TVB-N değerinin daha düşük olduğunu bildirmiştir. Shi vd. (2015) kalamar mürekkebinden elde edilen melaninsiz ekstraktın sarı yüzgeçli çipuranın (*Sparus latus*) soğuk muhafaza sırasında tazeliğinin korunması üzerine etkilerini belirledikleri çalışmada TVB-N değerinin, MFI konsantrasyonu ile negatif ilişkili olduğunu belirtmiştir. Karim vd. (2016) yenilebilir kaplama olarak kalamar mürekkebinin kalamar (*Loligo duvauceli*) üzerinde soğutulmuş depolama sırasında bozulma etkilerini incelemişlerdir. MFI'nın, düşük sıcaklıklarda (4°C) TVB-N artışının yavaşlaması yönünde etki ettiğini bildirmişlerdir. Sodyum aljinat katkılı kaplamalar kullanılarak balık filetolarının kalitesinin korunması üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda (Lu vd. 2009; Heydari vd. 2015) ve hurma kalsiyum aljinat boncuklarının kalitesinin değerlendirildiği (Yong vd. 2011) bir araştırmada ortak varılan sonuç sodyum aljinatın TVB-N değerindeki artışı yavaşlattığı ve önleyebildiği yönündedir.

MFI kullanılarak üretilen imitasyon havyarın başlangıç TVB-N düzeyi Lumpfish havyara göre daha düşük belirlenmiş ve depolama süresince her örnekleme gününde istatistiksel olarak daha düşük ($p < 0.01$) seviyelerde seyretmiştir. Yapılan diğer

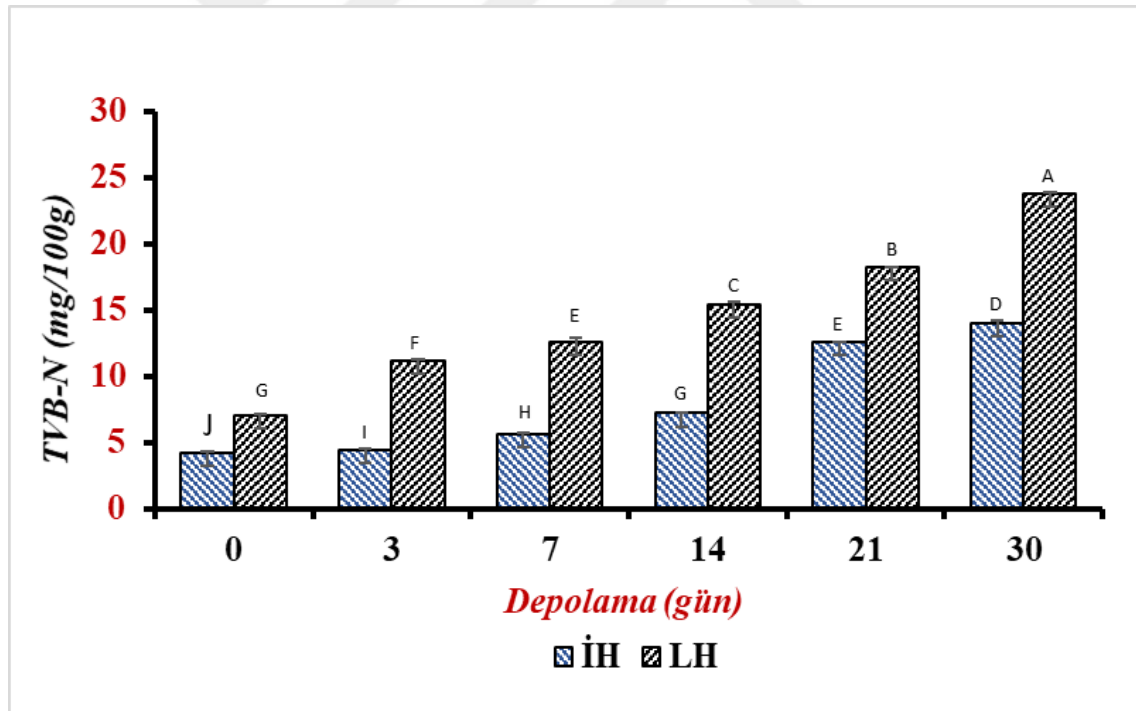
çalışmalarda da belirtildiği gibi bu durum sodyum aljinat kullanımından kaynaklanabileceği gibi, MFI'nın antimikrobiyal etkisi nedeniyle dolaylı olarak da ortaya çıkmaktadır. İmitasyon havyardaki düşük TVB-N miktarı TPAB bulguları ile desteklenmektedir.

Elde edilen bulgulara göre MFI içeren hidrojel boncuk yapısındaki imitasyon havyarın TVB-N değerinin lumpfish havyara kıyasla daha yavaş arttığını göstermiştir. İmitasyon havyar ve Lumpfish havyar karşılaştırıldığında iki üründe de depolama ile önemli ($p<0.05$) bir artış olduğu görülmüş ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önem ($p<0.05$) taşıdığı belirlenmiştir. İmitasyon havyarın TVB-N değeri depolama süresince daha taze olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.7 ve Şekil 4.4.'te TVB-N değerlerine ait bulgular verilmiştir.

Çizelge 4.7. TVB-N değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Hata
İH TVB-N	5	36.867	7373.47*	6
LH TVB-N	5	68.717	13743.47*	6
İHxLH TVB-N	11	72.6005	14520.09**	12

(**) $p<0.01$ düzeyinde önemli (*) $p<0.05$ düzeyinde önemli
İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar



İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar
Ortalamalara ait farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$)

Şekil 4.4. Lumpfish ve imitasyon havyarın TVB-N analizi bulguları

4.5. Lumpfish ve İmitasyon Havyarın Depolama Sırasında Antioksidan Aktivite Değerlerine Ait Bulgular

İmitasyon havyar ile Lumpfish havyarın sahip olduğu antioksidan aktivite değerleri 30 günlük depolama süresi boyunca takip edilmiştir. Depolama başlangıcındaki antioksidan aktivite sonuçlarında imitasyon havyar ve Lumpfish havyarda sırasıyla 1.65 ± 0.02 $\mu\text{mol TE/g}$ ve 0.79 ± 0.14 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak bulunmuştur. Depolama sonunda ise 1.45 ± 0.47 $\mu\text{mol TE/g}$ ve 0.65 ± 0.81 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak belirlenmiştir. İmitasyon havyarın antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Mürekkep balığı mürekkebinin (Lei vd. 2007; Guo vd. 2014; Shi vd. 2015; Vate ve Benjakul 2013) ve sodyum aljinatın (Kumar vd. 2019; Sellimi vd. 2015; Liu vd. 2017) antioksidan biyolojik aktivite içerdiği bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda Karim vd. (2016) melanin içermeyen kalamar mürekkebinde 0.81 ± 0.00 $\mu\text{mol TE/g}$ DPPH değerlerini bulmuştur. Vate ve Benjakul (2013) ise kalamar mürekkebinde antioksidan aktivite DPPH değerinin 179.6 ± 2.1 $\mu\text{mol TE/g}$ olduğunu belirtmişlerdir. Agustini vd. (2019) kalamar mürekkeplerinin seyreltilmesinin MFI'nin antioksidan aktivitesini önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir.

Chen vd. (2007) MFI`nin O_2 'yi H_2O_2 'ye katalize edebildiğini ve böylece O_2 -tarafından tetiklenen serbest radikal zincir reaksiyonunu önleyebildiğini ve canlı hücrelerin antioksidan sisteminde ilk savunma hattı olarak kilit rol oynayan, aynı zamanda serbest radikallerin üretimini önlemeye çalışan süperoksit dismutaz görevi gördüğünü bildirmiştir.

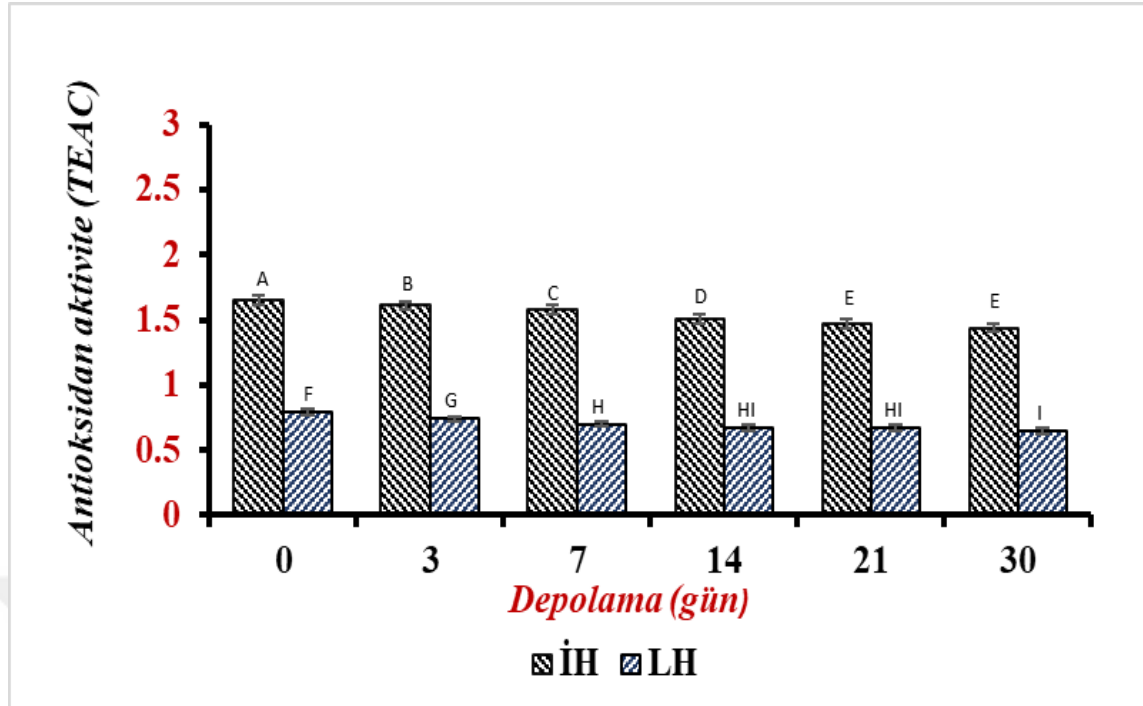
Jain vd. (2020), gıdanın kapsüllenmesinin, kapsüllenmemiş olana kıyasla antioksidan aktivite potansiyelini artırdığı ve gıda ürünlerinde daha iyi uygulanabilirliğe yol açtığı sonucuna varmıştır. Stojanovic vd. (2012) bir çalışmada sodyum aljinat boncuklarının antioksidan aktivitesini 10.36 ± 0.10 $\mu\text{mol Trolox TE/g}$ olarak bildirmiştir. Sodyum aljinat ile yapılan başka bir çalışmada Biao vd. (2019), sodyum aljinat film çalışmasında 1.17 ± 0.3 ABTS (mg TEAC/g) antioksidan değerini bildirmiştir.

İmitasyon havyar ve lumpfish havyar antioksidan aktivite değeri birbirinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı ($p < 0.05$) bulunmuştur. İmitasyon havyar daha yüksek antioksidan değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak, sodyum aljinat hidrojel boncuk yapısı ve seyreltilmiş olan MFI içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları ve elde edilen bulgular sırasıyla Çizelge 4.8 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.8. Antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Hata
İH Antioksidan	5	0.014495	9.50*	6
LH Antioksidan	5	0.181215	57.38*	6
İHxLH Antioksidan	11	0.391653	7833.06*	12

(**) $p < 0.01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0.05$ düzeyinde önemli
 İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar



İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar
Ortalamalara ait farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01)

Şekil 4.5. Lumpfish ve imitasyon havyarın antioksidan aktivite analizi bulguları

4.6. Lumpfish ve İmitasyon Havyarın Depolama Sırasında Mikrobiyolojik-Analizlerine Ait Bulgular

Mikrobiyolojik değerlendirmeler su ürünlerinde kullanılan önemli kalite parametrelerinden biridir. Mikrobiyolojik yük birçok faktörün etkisi altındadır. Toplam psikrofilik aerobik bakteriler için tüketilebilirlik sınır değeri 7 log kob/g olarak kabul edilmektedir (ICMSF 1986). “Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (Tebliğ no: 28155) gereğince “balık yumurtasından elde edilmiş havyar ve havyar benzeri ürünler” için *Salmonella* ve *L. monocytogenes* mikroorganizma türlerinin oluşması beklenmektedir. Mikrobiyolojik limit 0/25 kob/g olarak kabul edilmektedir.

İmitasyon havyarın sahip olduğu toplam psikrofilik aerobik bakteri yükü 0. gün 2.86 ± 0.36 kob/g olup, 30. günde 5.96 ± 0.10 kob/g değerindedir. Lumpfish havyarda başlangıçta 3.91 ± 0.18 kob/g olan TPAB, depolama süresinin sonunda artarak 7.24 ± 0.39 kob/mL seviyesine ulaşmıştır (Şekil 4.6). İmitasyon havyar ve lumpfish havyar arasında önemli bir fark ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Shi vd. (2019) yaptığı bir çalışmada havyarda %3-3.5 tuzlulukta 30 günlük depolamadan sonra 7.82 kob/g ve 7.27 kob/g sonuçlarını bulmuştur. Gıda ürünlerinde tuzun varlığı, saklama süresi boyunca mikroorganizmaların gelişmesini azaltabilmekte ve engellemektedir (Chen vd. 2020). Tuz içeriği, mikrobiyal faaliyet ve ürünün raf ömrü üzerinde öneme sahiptir.

MFI'nin antimikrobiyal özelliğinin (Lei vd. 2007; Guo vd. 2014; Shi vd. 2015; Vate ve Benjakul, 2013) yanı sıra sodyum aljinatın da antimikrobiyal özelliği (Kumar

vd. 2019; Sellimi vd. 2015; Liu vd. 2017) sahip olması nedeniyle üretilen imitasyon havyarın raf ömrünün daha uzun olduğu düşünülmüştür.

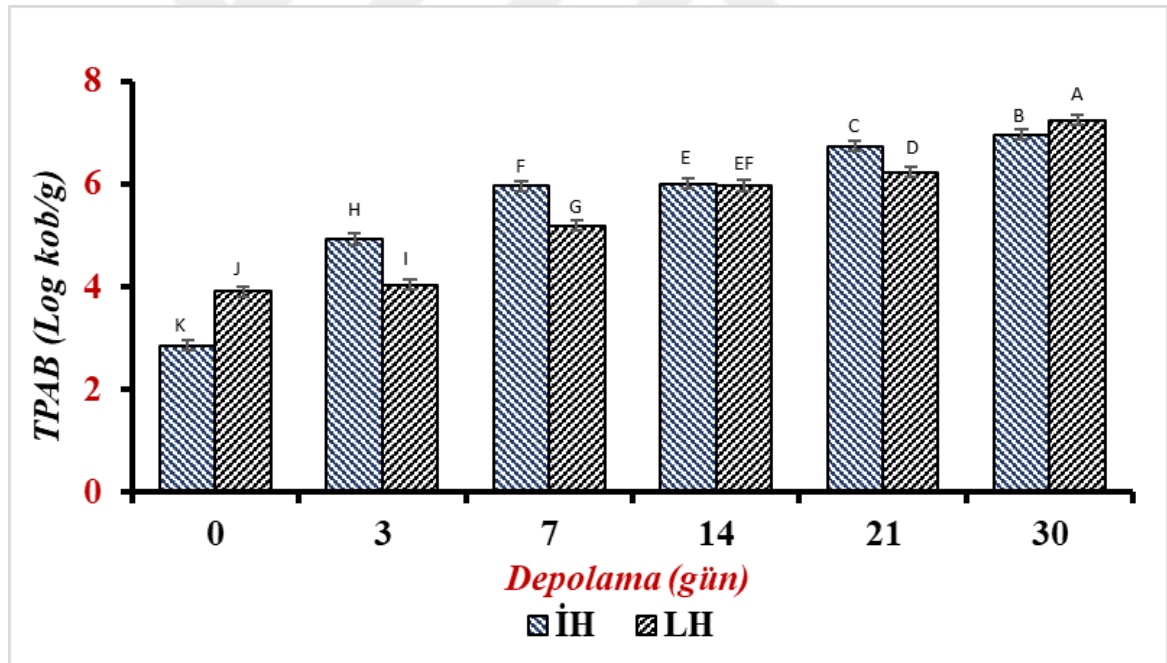
Agustini vd. (2019) süt balıklarının (*Chanos chanos*) MFI ile kaplayarak gözlemledikleri çalışmanın sonunda MFI'nin deniz ürünleri için doğal bir antioksidan olarak geliştirilebileceği ve soğuk depolama süresini önemli ölçüde uzatabileceği sonucuna varılmıştır. MFI raf ömrünü 9-10 güne kadar uzatabilmektedir (Karim vd. 2016).

TPAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da yer almaktadır.

Çizelge 4.9. TPAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Hata
İH TPAB	5	0.258913	5178.27*	6
LH TPAB	5	3.53219	30275.94*	6
İHxLH TPAB	11	36.2929	72585.79*	12

(**) p<0.01 düzeyinde önemli (*) p<0.05 düzeyinde önemli
İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar



İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar
Ortalamalara ait farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01)

Şekil 4.6. Lumpfish ve imitasyon havyarın toplam psikrofil aerob bakteri aanalizi bulguları

Lumpfish havyarına ve imitasyon havyara ait TVB-N, antioksidan aktivite değeri, TPAB bulguları Çizelge 4.10'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.10. Lumpfish havyarına ve imitasyon havyara ait TVB-N, antioksidan aktivite değeri, TPAB bulguları

Depolama (Gün)	Deneme	TVB-N (mg/100g)	Antioksidan aktivite (TEAC)	TPAB (Log kob/g)
0	İH	4.2±0.1 ^j	1.65±0.02 ^a	2.86±0.36 ^k
	LH	7.0±0.1 ^g	0.79±0.14 ^f	3.91±0.18 ^j
3	İH	4.4±0.1 ⁱ	1.61±0.76 ^b	4.93±0.12 ^h
	LH	11.2±0.1 ^f	0.74±0.45 ^g	4.04±0.33 ⁱ
7	İH	5.6±0.01 ^h	1.57±0.10 ^c	5.96±0.07 ^f
	LH	12.6±0.3 ^e	0.70±0.61 ^h	5.19±0.26 ^g
14	İH	7.2±0.05 ^g	1.51±0.86 ^d	6.01±0.03 ^e
	LH	15.4±0.2 ^c	0.67±0.23 ^{hi}	5.97±0.10 ^{ef}
21	İH	12.6±0.2 ^e	1.47±0.63 ^e	6.74±0.03 ^c
	LH	18.2±0.05 ^b	0.67±0.86 ^{hi}	6.23±0.16 ^d
30	İH	14.0±0.15 ^d	1.45±0.47 ^e	6.96±0.10 ^b
	LH	23.8±0.05 ^a	0.65±0.81 ⁱ	7.24±0.39 ^a

İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar

Değerler ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir.

Ortalamalara ait aynı kolonda (a,b,c,d,e) yer alan farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

4.7. Optik Mikroskopi Bulguları



Şekil 4.7. Haviyarların optik mikroskop morfolojik görüntüleri; **a)** LH; **b)** İH

Şekil 4.8’de gösterildiği gibi imitasyon haviyar ve lumpfish haviyar arasında belirgin bir görsel farklılık olmamaktadır. İmitasyon haviyar, orijinal haviyar gibi balık yumurtası şeklindedir

4.8. Enkapsülasyon Verimliliği

Enkapsülasyon verimliliği analizi ile MFI salınımı birbirinin tersi işlemlerdir. Üretilen imitasyon haviyar ve Lumpfish haviyara ait elde edilen değerlerin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12. ve Çizelge 4.13.’te sıralanmıştır.

Çizelge 4.11. Enkapsülasyon verimliliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Enkapsülasyon verimliliği	9	105.040	5274.39**
Hata	10	0.020	

(**) p<0.01 düzeyinde önemli (*) p<0.05 düzeyinde önemli
İH; İmitasyon haviyar, LH; lumpfish haviyar

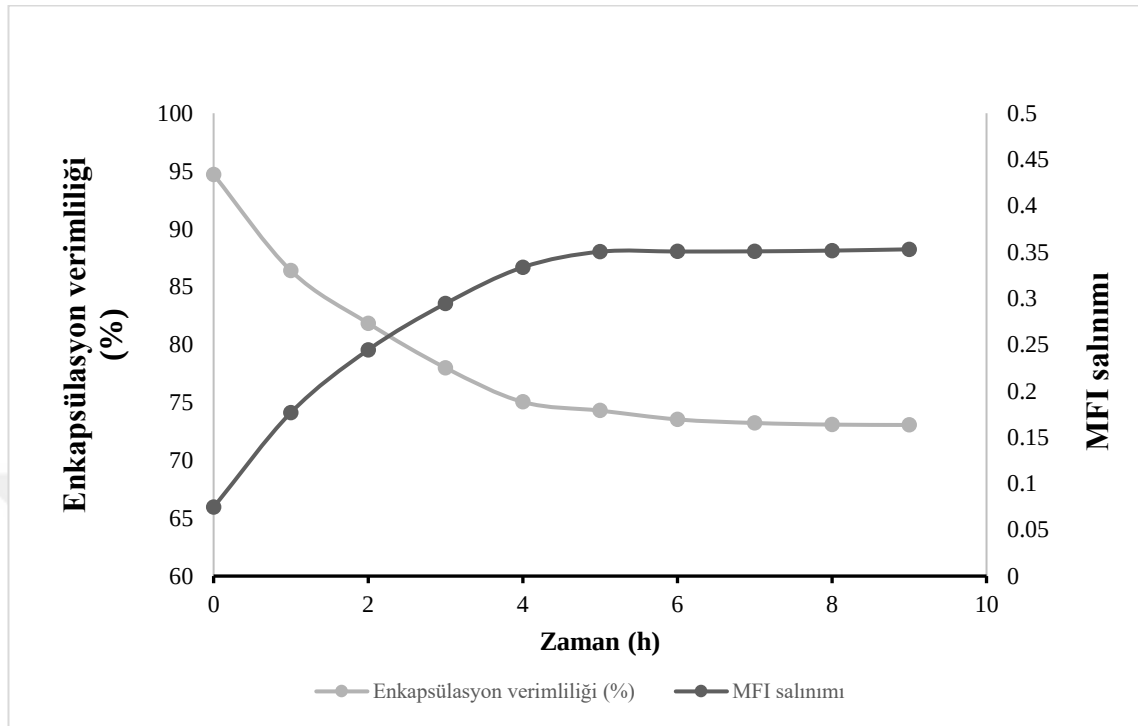
Çizelge 4.12. MFI salınımı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
MFI salınımı	9	0.01832	40649.00**
Hata	10	0.018	

(**) p<0.01 düzeyinde önemli (*) p<0.05 düzeyinde önemli
İH; İmitasyon haviyar, LH; lumpfish haviyar

Optimal imitasyon haviyar enkapsülasyon verimliliği analizi ve MFI salınımı Şekil 4.7 ve Çizelge 4.11.’de gösterilmiştir. İlk 5 saatte MFI salınımında lineer bir artış gözlemlenmiştir. 6. saatten itibaren salınım yavaşlamış ve hatta durağan bir noktaya ulaşmıştır. Enkapsülasyon verimliliği ise tam tersi olarak görünmektedir. Emin vd. (2014) iyonotropik jelleşmiş sodyum aljinatın yüksek bir geçirgenliğe sahip olduğunu ve sodyum

aljinat hidrojel boncuklarından elde edilen bileşiklerin hidrofilik ve gözenekli yapıları nedeniyle hızla salındığını belirtmiştir.



Şekil 4.8. İmitasyon havyarın enkapsülasyon verimliliği (%) ve MFI salınımı grafiği

Çizelge 4.13. İmitasyon havyarların MFI salınımı ve enkapsülasyon verimliliğine ait Tukey Testi sonuçları

Zaman (h)	MFI salınımı	Enkapsülasyon verimliliği (%)
0	0.07±0.56 ^g	94.70 ^a
1	0.18±1.01 ^f	86.39 ^b
2	0.24±0.91 ^e	81.85 ^c
3	0.29±0.28 ^d	78.00 ^d
4	0.33±0.49 ^c	75.05 ^e
5	0.34±0.78 ^b	74.30 ^f
6	0.35±0.19 ^a	73.54 ^g
7	0.35±0.37 ^a	73.23 ^g
8	0.35±0.66 ^a	73.09 ^g
9	0.35±1.06 ^a	73.06 ^g

4.9. Havyarların Büyüklüklerine (Çaplarına) Ait Bulgular

Optimum koşullar sonucu üretilen imitasyon havyar ve Lumpfish havyar örneklerinden 20 adet alınarak dijital kumpas ile ölçüm yapılmıştır. İmitasyon havyarın ortalama 2 ± 0.19 mm, Lumpfish havyarının ise 1.95 ± 0.13 mm olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.13'te gösterildiği gibi istatistiksel olarak aralarında önemli derecede bir fark olmadığı bulunmuştur.

Çizelge 4.14. İmitasyon havyar ve Lumpfish havyarın çap boyutu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Hata
İH Çap boyutu	1	0.0081	3.12	2
LH Çap boyutu	1	0.00040	0.8	2
İHxLH Çap boyutu	2	0.000450	0.04	6

(**) $p<0.01$ düzeyinde önemli (*) $p<0.05$ düzeyinde önemli
İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar

4.10. Hacim-Yoğunluk Analizi

İmitasyon havyar ve lumpfish havyar örneklerinden 30 adet alınarak ölçüm yapılmıştır. İmitasyon havyarın ortalama ağırlığının hacmine oranı 0.22 ± 0.02^a g / mL, Lumpfish havyarın ise 0.26 ± 0.02^a g/mL olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.14'te gösterildiği gibi istatistiksel olarak aralarında önemli derecede bir fark olmadığı bulunmuştur. Havyarların hacim yoğunluğa ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. İmitasyon havyar ve Lumpfish havyarın hacim-yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F	Hata
İH Hacim yoğunluk	1	0.000025	0.03	2
LH Hacim-yoğunluk	1	0.00063	5.01	2
İHxLH Hacim-yoğunluk	2	0.0011	4.00	4

(**) $p<0.01$ düzeyinde önemli (*) $p<0.05$ düzeyinde önemli
İH; İmitasyon havyar, LH; lumpfish havyar

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada alternatif havyar üretiminin potansiyeli ve mürekkep balığı atığı olan mürekkebinin gıda endüstrisi üretiminde yeniden kullanım olanakları araştırılmıştır. Lumpfish havyarının sertlik, parlaklık ve duyuşsal genel beğeni değerleri dikkate alınarak, imitasyon havyar üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler üzerinde etkili olan NaCl, sodyum aljinat, pH ve MFI faktörleri imitasyon havyarın optimum üretim koşulları (NaCl 2.004 g/mL, sodyum aljinat 1.254 g/mL, 8.12 pH, MFI 1.387 g/mL) belirlenmiştir. Fiziksel olarak havyarlar arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. İmitasyon havyarın, Lumpfish havyara kıyasla daha uzun raf ömrüne sahip olduğu gözlemlenmiştir.

İmitasyon havyarın, MFI içeriği nedeniyle antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu düşünülmüştür. Buna ek olarak sodyum aljinatın da antioksidan özellik gösterdiği bilinmektedir. Bu nedenle imitasyon havyarın MFI içeren sodyum aljinat hidrojel boncuk yapısında olması nedeniyle de TVB-N artışını yavaşlattığı düşünülmektedir. Antimikrobiyal, antioksidan özelliklere sahip bir gıda ürünü olduğu yapılan analizlerle de ortaya konulmuştur. Orijinal havyarlara raf ömrünü uzatmak için antioksidan aktivite gösteren koruyucular eklenebilmektedir. Gerçekleştirilen tez kapsamında üretilen imitasyon havyar koruyucu katkı maddesi içermeyen doğal bir gıda olarak karışımıza çıkmaktadır.

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte alternatif gıdalara yönelim artmaktadır. Gıda israfı olarak nitelendirilen işleme atıklarının endüstriye tekrar entegre edilmesi ekonomik ve ekolojik açıdan önem arz etmektedir. Mürekkep balığı mürekkebi gibi atık olduğu düşünülen gıda kaynakları doğal gıda boyası olarak değerlendirilebilmektedir. Orijinal siyah havyarlara benzer alternatif imitasyon havyarların da renklendirilmesinde doğal bir gıda maddesi olarak kullanılabilme potansiyeli yüksektir. Antioksidan, antimikrobiyal ve biyoaktif içeriği nedeniyle gıda endüstrisinde kullanımı önem arz etmektedir. Bu değerli yan ürününün siyahimsi bir renge sahip olması, kullanıldığı ürüne göre, tüketici tarafından da talep edilebilmektedir.

İmitasyon havyar üretimi ile havyar gibi ulaşılması zor ve pahalı olan gıdalara önemli bir alternatif sunulmaktadır. Aynı zamanda havyar yapımı için kullanılan balık yumurtalarının yetiştiricilikte kullanılması için bir fırsat oluşturabilmektedir. Havyarı ünlü olan balık türlerinden mersin balığının nesli tehlike altındadır. Bu nedenle havyar için mersin balığı gibi lumpfish balığından da hasat edilen yumurtaların neslinin devamlılığı için kullanılması önem arz etmektedir. Manuel olarak üretilen alternatif havyar olan imitasyon havyar ekonomik olarak ticarileştirilme potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda havyar yapımı için hasat edilen balık yumurtaları, su ürünleri yetiştiriciliğinin devamlılığı için kullanılabilir. Gelecekte ulaşılması zor ve pahalı gıdalara alternatif yönelimler araştırılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Agustini, T.W., Hadiyanto, H., Amalia, U. and Wijayantia, I. 2019. Potential of melanin free ink as antioxidant and its application for preserving and predicting shelf life of salted-boiled milkfish. *International Journal*, 6(1): 57-69.
- Ahamed, A.R.G.B., Hossain, M.P., Antora, R.A. and Rabeta, M.S. 2018. Physical and functional properties of Indian squid (*Loligo duvauceli*) and cuttlefish (*Sepia latimanus*) ink powder. *Food Research*, 2(4): 314- 319.
- Alak, G., Kaynar, Ö. and Atamanalp, M. 2021. The impact of salt concentrations on the physicochemical and microbiological changes of rainbow trout caviar. *Food Bioscience*, 41: 100976.
- Altan A., McCarthy, K. L., Maskan, M. 2008. Extrusion cooking of barley flour and process parameter optimization by using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1648–1659.
- Amerine, M.A., Pangborn, R.M. and Roessler, E.B. 2013. *Principles of Sensory Evaluation of Food*, 13(1): 413-429.
- Anonim, 2012. <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri3361.htm>
- Balti, R., Bougatef, A., El-Hadj Ali, N., Zekri, D., Barkia, A. and Nasri, M. 2010. Influence of degree of hydrolysis on functional properties and angiotensin I-converting enzyme-inhibitory activity of protein hydrolysates from cuttlefish (*Sepia officinalis*) by-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(12): 2006-2014.
- Barrera, E.L. and Hertel, T. 2021. Global food waste across the income spectrum: Implications for food prices, production and resource use. *Food Policy*, 98: 101874.
- Bartoshuk, L.M., Murphy, C. and Cleveland, C.T. 1978. Sweet taste of dilute NaCl: psychophysical evidence for a sweet stimulus. *Physiology and Behavior*, 21(4): 609-613.
- Bekhit, A.E.D.A., Holman, B.W.B., Giteru, S.G., and Hopkins, D.L. 2021. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: A review. In *Trends in Food Science and Technology*, 109, pp. 280-302.
- Bélanger, J. and Pilling, D. 2019. *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 529p.
- Belcari, P., Sartor, P., Sanchez, P., Demestre, M., Tsangridis, A., Leondarakis, P., Lefkaditou, E. and Papaconstantinou, C. 2002. Exploitation patterns of the cuttlefish, *Sepia officinalis* (Cephalopoda, Sepiidae), in the Mediterranean Sea. *Bulletin of Marine Science*, 71(1): 187-196.

- Beristain, C., Garcia, H., and Vernon-Carter, E. 2001. Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*). *Food Science and Technology*, 34(6): 398–401.
- Biao, Y., Yuxuan, C., Qi, T., Ziqi, Y., Yourong, Z., McClements, D.J. and Chongjiang, C. 2019. Enhanced performance and functionality of active edible films by incorporating tea polyphenols into thin calcium alginate hydrogels. *Food Hydrocolloids*, 97: 105197.
- Binsan, W., Benjakul, S., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Tanaka, M. and Kishimura, H. 2008. Antioxidative activity of Mungoong, an extract paste, from the cephalothorax of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Chemistry*, 106(1): 185-193.
- Binsi, P. K., Nayak, N., Sarkar, P. C., Sahu, U., Lalitha, K. V., Ninan, G., and Ravishankar, C. N. 2019. Conversion of carp roe mass to caviar substitutes: Stabilization with oregano extract. *LWT- Food Science and Technology*, 108: 446-455.
- Bledsoe, G. E., Bledsoe, C. D. and Rasco, B. 2003. Caviars and fish roe products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(3): 317-356.
- Bronzi, P. and Rosenthal, H. 2014. Present and future sturgeon and caviar production and marketing: A global market overview. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(6): 1536-1546.
- Budelmann, B.U.; Schipp, R.; von Boletzky, S. Cephalopoda. 1997. In *Microscopic Anatomy of Invertebrates, Mollusca II*, Wiley-Liss: New York, NY, USA, 6: 119–414.
- Buzrul, S., Cevik, M. and Alpas, H. 2008. Comparison of response surface methodology and the proposed Weibull model for inactivation of *Listeria innocua* by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Safety*, 28(1): 142-156.
- Ceylan, H., Kubilay, S., Aktas, N. and Sahiner, N. 2008. An approach for prediction of optimum reaction conditions for laccase-catalyzed bio-transformation of 1-naphthol by response surface methodology (RSM). *Bioresource Technology*, 99(6): 2025-2031.
- Chen, S.G., Xue, C.H., Xue, Y., Li, Z.J., Gao, X. and Ma, Q., 2007. Studies on the free radical scavenging activities of melanin from squid ink. *Chinese Journal of Marine Drugs*, 26(1): 23-24.
- Chen, Y.W., Cai, W.Q., Shi, Y.G., Dong, X.P., Bai, F., Shen, S.K., Jiao, R., Zhang, X.Y. and Zhu, X. 2020. Effects of different salt concentrations and vacuum packaging on the shelf-stability of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti*) stored at 4°C. *Food Control*, 109: 106865.

- Clydesdale, F.M. 1991. Color perception and food quality. *Journal of Food Quality*, 14(1): 61-74.
- Cousins, D.V., Wilton, S.D., Francis, B.R. and Gow, B.L., 1992. Use of polymerase chain reaction for rapid diagnosis of tuberculosis. *Journal of Clinical Microbiology*, 30 (1): 255-258.
- Demiglio, P. and Pickering, G.J. 2008. The influence of ethanol and pH on the taste and mouthfeel sensations elicited by red wine. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6(3-4): 143-150.
- Derby, C.D. 2014. Cephalopod ink: production, chemistry, functions and applications. *Marine Drugs*, 12(5): 2700-2730.
- Despoudi, S., Bucatariu, C., Otles, S. and Kartal, C., 2021. Food waste management, valorization, and sustainability in the food industry. *Food Waste Recovery*, pp. 3-19.
- Ekinci S, M. 2007. Tavuk G bresinden Biyogaz  retimi   in En Uygun Kosulların Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 42- 49 s.
- Elibol, M. 2004. Optimization of medium composition for actinorhodin production by *Streptomyces coelicolor* A3 (2) with response surface methodology. *Process Biochemistry*, 39(9): 1057-1062.
- Emin, C., Remigy, J.C. and Lahitte, J.F. 2014. Influence of UV grafting conditions and gel formation on the loading and stabilization of palladium nanoparticles in photografted polyethersulfone membrane for catalytic reactions. *Journal of Membrane Science*, 455, pp. 55-63.
- Eroglu, F. 2006. Pirinadan  z tlemeli Tepkime ile Furfural  retimi   in Uygun Kosulların Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 23-31s.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets, 320 p.
- Farag, M.A., Abib, B., Tawfik, S., Shafik, N. and Khattab, A.R., 2021. Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. 110 (4): 405-417.
- Fischer, U. and Noble, A. C. 1994. The effect of ethanol, catechin concentrations, and pH on sourness and bitterness of wine. *The American Journal of Enology and Viticulture*, 45(1): 6-10.

- Fuentes, A., Fernandez-Segovia, I., Barat, J.M. and Serra, J.A. 2011. Influence of sodium replacement and packaging on quality and shelf life of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 44: 917-923.
- Genç, G. 2016. Çarşamba'nın Kıymetlisi "Mersin Balığı" 1905-2016. Çarşamba Belediyesi Kültür Yayınları ISBN. 978-605- 87484-3-9.
- Goksungur, Y., Mantzouridou, T., Roukas F., Kotzekidou P. 2004. Production of β -carotene from beet molasses by *Blakeslea trispora* in stirred-tank and bubble column reactors. *Biochemical Biotechnology*, 112(1): 37–54.
- Guo, X., Chen, S., Hu, Y., Li, G., Liao, N., Ye, X., Liu, D. and Xue, C. 2014. Preparation of water-soluble melanin from squid ink using ultrasound-assisted degradation and its anti-oxidant activity. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12): 3680-3690.
- Gündoğdu, T.K., Deniz, İ., Çalışkan, G., Şahin, E.S. and Azbar, N., 2016. Experimental Design Methods for Bioengineering, *Applications. Critical Reviews in Biotechnology*, 36(2): 368-388.
- Harman, M. 2006, May. Search based software engineering. *In International Conference on Computational Science*, Springer, pp. 740-747.
- Hazan, M. 1992 Essentials of Classic Italian Cooking; *Knopf Inc.* New York, NY, USA
- Heydari, R., Bavandi, S. and Javadian, S.R., 2015. Effect of sodium alginate coating enriched with horsemint (*Mentha longifolia*) essential oil on the quality of bighead carp fillets during storage at 4 C. *Food Science and Nutrition*, 3(3): 188-194.
- ICMSF. 1986. Sampling plans for fish and shellfish. In *Microorganisms in Foods*.
- İnanlı, A.G., Coban, Ö.E. and Dartay, M. 2010. The chemical and sensorial changes in rainbow trout caviar salted in different ratios during storage. *Fisheries Science*, 76(5): 879-883.
- Jain, S., Winuprasith, T. and Suphantharika, M. 2020. Encapsulation of lycopene in emulsions and hydrogel beads using dual modified rice starch: Characterization, stability analysis and release behaviour during in-vitro digestion. *Food Hydrocolloids*, 104: 105730.
- Ji, C.I., Cho, S.M., Gu, Y.S. and Kim, S.B., 2007. The processing optimization of caviar analogs encapsulated by calcium-alginate gel membranes. *Food Science and Biotechnology*, 16(4), pp.557-564.
- Kalil, S. J., Mauger, F., Rodrigues, M, I. 2000. Response surface analysis and simulation as a tool for bioprocess design and optimization. *Process Biochemistry*, 35, pp. 539–550.

- Karim, N.U., Sadzali, N.L. and Hassan, M., 2016. Effects of squid ink as edible coating on squid sp. (*Loligo duvauceli*) spoilage during chilled storage. *International Food Research Journal*, 23(5), 1895.
- Kechaou, E.S., Dumay, J., Donnay-Moreno, C., Jaouen, P., Gouygou, J.P., Bergé, J.P. and Amar, R.B., 2009. Enzymatic hydrolysis of cuttlefish (*Sepia officinalis*) and sardine (*Sardina pilchardus*) viscera using commercial proteases: Effects on lipid distribution and amino acid composition. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 107(2): 158-164.
- Koç, B., 2008. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye.
- Kolodziejska, I., Niecikowska C., Januszewska E., Sikorski Z.E. 2002. The microbial and sensory quality of mackerel hot smoked in mild conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 35(1): 87-92.
- Kumar, L., Brice, J., Toberer, L., Klein-Seetharaman, J., Knauss, D. and Sarkar, S.K. 2019. Antimicrobial biopolymer formation from sodium alginate and algae extract using aminoglycosides. *Plos One*, 14(3): 0214411.
- Lee, P. and Rogers, M.A. 2012. Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(2): 96-100.
- Lei, M., Wang, J.F., Pang, L., Wang, Y.M., Cheng, S.G. and Xue, C.H. 2007. Effects of sepia on the metabolization of blood lipid and antioxidation ability in hyperlipidemia rats. *Chinese Journal of Marine Drugs*, 26(3): 30.
- Lei, M., Xue, C. H., Wang, Y. M., Li, Z. J., Xue, Y., and Wang, J. F. 2008. Effect of Squid Ink Melanin-Fe on Iron Deficiency Anemia Remission. *Journal of Food Science*, 73(8): 207-211.
- Lian, P., Lee, C., and Park, E. 2005. Characterization of squid-processing byproduct hydrolysate and its potential as aquaculture feed ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14): 5587–5592.
- Liu, H., Luo, P., Chen, S. and Shang, J. 2011. Effects of squid ink on growth performance, antioxidant functions and immunity in growing broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(12): 1752-1756.
- Liu, M., Song, X., Wen, Y., Zhu, J.L. and Li, J., 2017. Injectable thermoresponsive hydrogel formed by alginate-g-poly (N-isopropylacrylamide) that releases doxorubicin-encapsulated micelles as a smart drug delivery system. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 9(41): 35673-35682.

- Liu, Y. and Simon, J.D. 2003. The effect of preparation procedures on the morphology of melanin from the ink sac of *Sepia officinalis*. *Pigment cell research*, 16(1): 72-80.
- Lotfipour, F., Mirzaeei, S. and Maghsoodi, M. 2012. Evaluation of the effect of CaCl₂ and alginate concentrations and hardening time on the characteristics of *Lactobacillus acidophilus* loaded alginate beads using response surface analysis. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 2(1), 71 p.
- Lu, F., Liu, D., Ye, X., Wei, Y. and Liu, F. 2009. Alginate–calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4 °C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(5): 848-854.
- Lupo, B., Maestro, A., Gutiérrez, J.M. and González, C. 2015. Characterization of alginate beads with encapsulated cocoa extract to prepare functional food: Comparison of two gelation mechanisms. *Food Hydrocolloids*, 49: 25-34.
- Magarelli, M., Passamonti, P. and Renieri, C. 2010. Purification, characterization and analysis of sepia melanin from commercial sepia ink (*Sepia officinalis*). *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 5(2): 18-28.
- Maleki, M., Mortazavi, S.A., Yeganehzad, S. and Pedram Nia, A. 2020. Study on liquid core barberry (*Berberis vulgaris*) hydrogel beads based on calcium alginate: Effect of storage on physical and chemical characterizations. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(5): 14426.
- Marquinet, J.I.A. 2001. *Process for producing a food colorant, colorant thus obtained and uses thereof*. U.S. Patent 6,329,010.
- Mouritsen, O.G. and Styrbaek, K. 2021. *Octopuses, Squid and Cuttlefish: Seafood for Today and for the Future*. Springer, 44 p.
- Naiel, M., Elnakeeb, M., Vasilyeva, L., Sudakova, N., Anokhina, A. and Amer, M., 2021. Paddlefish, *Polyodon spathula*: Historical, current status and future aquaculture prospects in Russia. *International Aquatic Research*, 13(2): 89-107.
- Neifar, A., Rebah, F.B., Gargouri, A. and Abdelmouleh, A. 2009. Physicochemical characterization of *Sepia officinalis* ink and the effects of storage conditions on the coagulation process *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(4): 803-807.
- Neifar, A., Saibi, W., Bradai, M.N., Abdelmouleh, A. and Gargouri, A., 2012. Investigations on tyrosinase activity in melanin-free ink from *Sepia officinalis*: potential for food proteins cross-linking. *European Food Research and Technology*, 235(4): 611-618.

- Nicomrat, D. and Tharajak, J., 2015. Antimicrobial Effect of Squid Ink on Common Microbial Causing Biofilm Attaching to Silicone. *Applied Mechanics and Materials*, 804, 191 p.
- Özden, Ö., Erkan, N. and Varlık, C., 2018. Havyar. *Aydın Gastronomy*, 2(2): 21-34.
- Özoğul, Y., Durmus, M., Ucar, Y., Özoğul, F. and Regenstein, J.M. 2016. Comparative study of nanoemulsions based on commercial oils (sunflower, canola, corn, olive, soybean, and hazelnut oils): Effect on microbial, sensory, and chemical qualities of refrigerated farmed sea bass. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33, pp. 422-430.
- Palumbo, A., 2003. Melanogenesis in the ink gland of *Sepia officinalis*. *Pigment Cell Research*, 16(5): 517-522.
- Panjaitan, F.C.A., Yeh, N.T. and Chai, H.J., 2020. Effect of different processing on quality changes of barramundi (*Lates calcarifer*) caviar during chilled storage (4°C). *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10): 14790.
- Pimentel, D., 2021. Energy inputs and US food security. In *Food Security in the United States* CRC Press, pp. 99-114.
- Prescott, T., 2001. Pasta: Italian Influences. *Early Years Educator*, 3(5): 25-30.
- Prosekov, A.Y. and Ivanova, S.A. 2018. Food security: The challenge of the present. *Geoforum*, 91, pp.73-77.
- Prota, G. 2000. Melanins, melanogenesis and melanocytes: Looking at their functional significance from a chemist's viewpoint. *Pigment Cell and Melanoma Research*, 13: 283-293.
- Qian, C. and McClements, D.J. 2011. Formation of nano-emulsions stabilized by model food-grade emulsifiers using high-pressure homogenization: factors affecting particle size. *Food Hydrocolloids*, 25(5): 1000-1008.
- Rasool, S., Cerchione, R., Salo, J., Ferraris, A. and Abbate, S. 2021. Measurement of consumer awareness of food waste: construct development with a confirmatory factor analysis. *British Food Journal*, 123(13): 337-361.
- Rezaei, F., Karimi, K. and Omidpanah, N. 2019. Mental Well-being of the First and Final-Year Medical and Dental Students of Kermanshah University of Medical Sciences. *The Open Dentistry Journal*, 3(1): 177-182.
- Sae-Leaw, T., Buamard, N., Vate, N. K., and Benjakul, S. 2018. Effect of squid melanin-free ink and pre-emulsification on properties and stability of surimi gel fortified with seabass oil during refrigerated storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(8): 919-933.

- Sasaki, J.I., Ishita, K., Takaya, Y., Uchisawa, H. And Matsue, H. 1997. Anti-tumor activity of squid ink. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 43(4): 455-461.
- Schormüller, J., 1968. The chemistry and biochemistry of cheese ripening. *Advances in Food Research*, 16, pp. 231-334.
- Sellimi, S., Younes, I., Ayed, H.B., Maalej, H., Montero, V., Rinaudo, M., Dahia, M., Mechichi, T., Hajji, M. and Nasri, M. 2015. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodium alginate isolated from a Tunisian brown seaweed. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, pp. 1358-1367.
- Senyushkina A. 2016. Design of Sustainable Tourism Systems Food quality and analytical control, Master thesis, University of Florence, Italy.
- Shi, L., Liu, H., Zhong, J., and Pan, J. 2015. Fresh-keeping effects of melanin-free extract from squid ink on yellowfin sea bream (*Sparus latus*) during cold storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(3): 199-212.
- Shi, Y.G., Bian, L.Q., Zhu, Y.J., Zhang, R.R., Shao, S.Y., Wu, Y., Chen, Y.W., Dang, Y.L., Ding, Y. and Sun, H., 2019. Multifunctional alkyl ferulate esters as potential food additives: Antibacterial activity and mode of action against *Listeria monocytogenes* and its application on American sturgeon caviar preservation. *Food Control*, 96, pp.390-402.
- Sikorski, Z.E. and Kołodziejska, I. 1986. The composition and properties of squid meat. *Food Chemistry*, 20(3), pp.213-224.
- Skalecki, P., Florek, M., Kędzierska-Matysek, M., Poleszak, E., Domaradzki, P. and Kaliniak-Dziura, A., 2020. Mineral and trace element composition of the roe and muscle tissue of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with respect to nutrient requirements: Elements in rainbow trout products. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 62(12): p.126619.
- Skoet, J., Fabi, C. and Cattaneo, A. 2020. Measuring Food Loss and Waste: An FAO Perspective. *EuroChoices*, 19(1): 22-23.
- Soyuduru, D. 2007. Fermentasyonla etanol üretiminde etanol veriminin artırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, Ankara, 119s.
- Stojanovic, R., Belcack-Cvitanovic, A., Manojlovic, V., Komes, D., Nedovic, V. and Bugarski, B. 2012. Encapsulation of thyme (*Thymus serpyllum* L.) aqueous extract in calcium alginate beads. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3): 685-696.
- Şengör, G.F.Ü., Ceylan, Z. and Doğruyol, H. 2018. Determination of the quality changes of whole cuttlefish (*Sepia officinalis*, L., 1758) stored at 2°C. *Su Ürünleri Dergisi*, 35(2): 115-119.

- Takai, M., Yamazaki, K., Kawai, Y., Inoue, N. and Shinano, H. 1993. Effect of squid liver, skin, and ink on chemical characteristics of ika-shiokara'during ripening process. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(9): 1609-1615.
- Tavakoli, S., Luo, Y., Regenstein, J.M., Daneshvar, E., Bhatnagar, A., Tan, Y. and Hong, H., 2021. Sturgeon, Caviar, and Caviar Substitutes: From Production, Gastronomy, Nutrition, and Quality Change to Trade and Commercial Mimicry. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(4): 753-768
- Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Decker, E.A. 2006. Development of yellow pigmentation in squid (*Loligo peali*) as a result of lipid oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(3): 956-962.
- Tokay, F. 2009. Ligandı kullanılarak zeytinyagından bakır, demir, nikel, çinko metallerinin ekstraksiyonu ve tayini. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 20-40s.
- Topuz, O.K., Aygün, T. and Ural, G.N. 2020. Caviar-like hydrogel beads containing different concentrations of NaCl and melanin-free squid ink. *Food Bioscience*, 36: 100652.
- TÜİK. 2020. Su Ürünleri İstatistikleri TÜİK 2019 istatistik verisi, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara. 20 s.
- Turan, M.D. and Altundoğan, H.S. 2011. Hidrometalurjik araştırmalarda yanıt yüzey yöntemlerinin (yyy) kullanımı. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 50(3), pp.11-23.
- Ustaoglu, S. 2006. Nesli Tükenme Tehlikesindeki Mersin Balıklarını (*Acipenseridae*) Koruma Stratejilerinin Değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(3): 509-514.
- Uysal, R., Daldal, Y.D., Üstün, Z. and Demiralay, E.Ç., 2017. Optimization of RPLC Method for Separation of Some Acetylcholinesterase Inhibitors by using Central Composite Design. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*, 12(1), pp.23-43.
- Ürküt, Z., Dagbaglı S., Göksungur Y. 2007. Optimization of pullulan production using Ca-alginate-immobilized *Aureobasidium pullulans* by response surface methodology. *Journal of Chemical Technology Biotechnology*, 82: 837–846.
- Vate, N.K. and Benjakul, S. 2013. Antioxidative activity of melanin-free ink from splendid squid (*Loligo formosana*). *International Aquatic Research*, 5(1): 1-12.
- Wang, F.R., Xie, Z.G., Ye, X.Q., Deng, S.G., Hu, Y.Q., Guo, X. and Chen, S.G. 2014. Effectiveness of treatment of iron deficiency anemia in rats with squid ink melanin–Fe. *Food and Function*, 5(1): 123-128.
- Wang, L., Yang, B., Du, X., and Yi, C. 2009. Optimisation of supercritical fluid extraction of flavonoids from *Pueraria lobata*. *Food Chemistry*, 108(2): 737-741.
- Xie, J., Li, H., Che, H., Dong, X., Yang, X. and Xie, W. 2021. Extraction, physicochemical characterisation, and bioactive properties of ink melanin from

- cuttlefish (*Sepia esculenta*). *International Journal of Food Science and Technology*, 56: 3627–3640.
- Yong, D.H., Song, M.K. and Yoon, H.H. 2011. Effects of sodium alginate concentration on physical and sensory characteristics of persimmon calcium alginate beads. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 27(5): 497-505.
- Zaharah, F. and Rabeta, M.S. 2017. Antioxidant and antimicrobial activities of squid ink powder. *Food Research*, 2(1): 82-88.
- Zhang, Y., Dong, B., Chen, A., Liu, X., Shi, L. and Zi, J. 2015. Using cuttlefish ink as an additive to produce non-iridescent structural colors of high color visibility. *Advanced Materials*, 27(32): 4719-4724.
- Zhang, Z., Zhang, R., Zou, L. and McClements, D.J. 2016. Protein encapsulation in alginate hydrogel beads: Effect of pH on microgel stability, protein retention and protein release. *Food Hydrocolloids*, 100(58): 308-315.
- Zhong, J.P., Wang, G., Shang, J.H., Pan, J.Q., Li, K., Huang, Y. and Liu, H.Z. 2009. Protective effects of squid ink extract towards hemopoietic injuries induced by cyclophosphamine. *Marine Drugs*, 7(1): 9-18.

ÖZGEÇMİŞ

GİZEM NAZLI URAL

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2022	Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2019	Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. TOPUZ, O., K., AYGÜN, T., **URAL, G. N.**, 2020. Caviar-like hydrogel beads containing different concentrations of NaCl and melanin-free squid ink. *Food Bioscience*. 36, 100652. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100652>.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. TOPUZ, O. K., YERLİKAYA P., YATMAZ H. A., KAYA, A., ALP, A. C., ETLİ B. N., **URAL, G. N.** 2017. Effect of different cooking method on the vitamin A (Retinol palmitate, all-trans retinal) content of seabass (*Dicentrarchus labrax*) meat. IMSEC 2017. October 25-27, Adana, Turkey, P1155.

2. TOPUZ, O. K., YERLİKAYA P., YATMAZ H. A., KAYA, A., ALP, A. C., ETLİ B. N., **URAL, G. N.** 2017. Fatty acid profiles of farmed seabass (*Dicentrarchus labrax*) and seabream (*Sparus aurata*) fish meats. IMSEC 2017. October 25-27, Adana, Turkey, P1156.

3. TOPUZ, O. K., YERLİKAYA P., YATMAZ H. A., KAYA, A., ALP, A. C., KILIÇ, M., ETLİ B. N., **URAL, G. N.** 2017. Comparison of essential micro element contents of sea bream (*Sparus aurata*) and European seabass (*Dicentrarchus labrax*) meat. IAEC17. November 16-18, Antalya, Turkey, P106 (in Turkish).

4. TOPUZ, O. K., YERLİKAYA P., YATMAZ H. A., KAYA, A., ALP, A. C., KILIÇ, M., ETLİ B. N., **URAL, G. N.** 2017. Vitamin-E loses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) meat in different cooking methods. IAEC17. November 16-18, Antalya, Turkey, P107

