



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAHRAMANMARAŞ İLİNDE BULUNAN BALIK
İŞLEME TESİSİ ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN
BALIK UNU İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ, EKŞİ MAYA
VE LACTİPLANTİBACİLLUS PLANTARUM İLE
FERMENTE EDİLEN BUĞDAY EKMEKLERİNİN
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

BETUL AYLAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2025

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAHRAMANMARAŞ İLİNDE BULUNAN BALIK
İŞLEME TESİSİ ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN
BALIK UNU İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ, EKŞİ MAYA
VE LACTİPLANTİBACİLLUS PLANTARUM İLE
FERMENTE EDİLEN BUĞDAY EKMEKLERİNİN
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

BETUL AYLAT

Tez Danışmanı:
PROF. DR. YEKTA GEZGİNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2025

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

BETUL AYLAT



Bu çalışma KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP Proje No: 2023/2-5 YLS) tarafından desteklenmiştir.

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

**KAHRAMANMARAŞ İLİNDE BULUNAN BALIK İŞLEME TESİSİ
ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN BALIK UNU İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ, EKŞİ
MAYA VE *Lactiplantibacillus plantarum* İLE FERMENTE EDİLEN BUĞDAY
EKMEKLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

BETUL AYLAT

ÖZET

Bu çalışmada balık atıklarından balık unu eldesi ile balık unu ilavesine dayalı ekzopolisakkarit üreten *Lactiplantibacillus plantarum* suşu ilavesi ile ekşi mayalı ekmekler üretilmiştir. Balık atıklarının işlenmesi ve bakteri suşunun hazırlanmasının ardından ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal nitelikleri değerlendirilmiştir. 3 adet kontrol grubu (ticari mayalı, ekşi mayalı, *Lpb. plantarum* suş ilaveli ekşi mayalı) ve 3 adet deneme grubu (*Lpb. plantarum* suş+ekşi mayalı %5, %10, %15 balık unu ilaveli) ekmekler üretilmiştir. Balık unu içermeyen kontrol grubu ekmek örneklerine kıyasla, balık unu eklenmiş deneme ekmek örneklerinin protein, yağ, mineral madde içeriğinin yüksek olduğu, aynı zamanda düşük karbonhidrat içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Üretilen ekmek hamurlarında fermentasyon boyunca laktik asit bakteri ve maya sayısı artmış, pH değerinde (yoğurma sonrasında 5,24-5,66, fermentasyon sonrasında 4,58-5,24) azalma gözlenirken, fermentasyon sonunda titrasyon asitliği değeri 1,75-3,88 ml aralığında belirlenmiştir. Ekmeklerin pH değerleri (4,56-5,55), TTA değerleri (2,81-3,82) arasındaki farklılıkların çok önemli olduğu ($p<0.01$) belirlenmiştir. Ekmeklerinin nem (%34,15-39,40), kül (%2,18-3,65), yağ (%0,71-2,37), protein (9,33-16,32), karbonhidrat (43,50-49,70), hacim (318,33-388,33) ağırlık (138,59-143,44), spesifik hacim (2,31-2,76), ekmek içi L^* (46,31-69,79), a^* (1,96-2,85), b^* (16,23-21,45), ekmek kabuğu L^* (41,20-61,76), a^* (5,53-13,54), b^* (18,02-32,29), mineral madde değerleri sırayla Zn (17,14-64,29), K (1070-1568), P (668,8-2854), Ca (65-142) değerinin önemli olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir. *Lpb. plantarum* ilavesi ile optimize edilmiş ekşi maya ve balık unuyla formüle edilmiş ekmek örneklerinde %5 balık unu ilaveli hamur ve ekmeklerde incelenen tüm parametreler bakımından belirgin olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Balık atıkları, balık unu, zenginleştirilmiş ekmek, ekşi maya, *Lactiplantibacillus plantarum*

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2025

Danışman: Prof. Dr. Yekta GEZGİNÇ

Sayfa sayısı: 59

**INVESTIGATION OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF WHEAT
BREADS ENRICHED WITH FISH MEAL OBTAINED FROM FISH
PROCESSING WASTE IN KAHRAMANMARAŞ PROVINCE, FERMENTED
WITH SOURDOUGH AND *LACTIPLANTIBACILLUS PLANTARUM***

(M.Sc. THESIS)

BETUL AYLAT

ABSTRACT

In this study, sourdough breads were produced using fishmeal obtained from fish waste and by incorporating an exopolysaccharide-producing strain of *Lactiplantibacillus plantarum*. After processing the fish waste and preparing the bacterial strain, the physical, chemical, and sensory properties of the products were evaluated. Three control groups (commercial yeast, sourdough, and sourdough with *Lactiplantibacillus plantarum* strain) and three experimental groups (*Lactiplantibacillus plantarum* strain + sourdough with 5%, 10%, and 15% fishmeal) were used to produce the breads. Compared to the control group bread samples without fishmeal, the experimental bread samples with added fishmeal had higher protein, fat, and mineral content, while also exhibiting lower carbohydrate levels. During fermentation, lactic acid bacteria and yeast counts increased in the dough samples, while pH values decreased (from 5,24-5,66 after kneading to 4,58-5,24 post-fermentation). At the end of fermentation, titratable acidity values ranged between 1,75 and 3,88 ml. It was determined that the differences in the breads pH values (4,56-5,55) and TTA values (2,81-3,82) were statistically significant ($p < 0.01$). Significant variations ($p < 0.05$) were observed in the moisture (34,15%-39,40%), ash (2,18%-3,65%), fat (0,71%-2,37%), protein (9,33%-16,32%), carbohydrate (43,50%-49,70%), volume (318,33-388,33), weight (138,59-143,44), specific volume (2,31-2,76), crumb color (L^* : 46,31-69,79, a^* : 1,96-2,85, b^* : 16,23-21,45), crust color (L^* : 41,20-61,76, a^* : 5,53-13,54, b^* : 18,02-32,29), and mineral content values (Zn: 17,14-64,29, K: 1070-1568, P: 668,8-2854, Ca: 65-142). Among the optimized sourdough and fishmeal formulations, the bread samples containing 5% fishmeal exhibited notably positive results across all examined parameters.

Keywords: Fish waste, fish meal, enriched bread, sourdough, *Lactiplantibacillus plantarum*."

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Food Engineering/2025

Supervisor: Prof. Dr. Yekta GEZGİNÇ

Page number: 59

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca benden bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bilimsel yetkinliğiyle daima destek bulduğum danışmanım değerli hocam Sayın **Prof. Dr. Yekta GEZGİNÇ**'e,

Değerli düşünce ve önerileri ile tezin yönlendirilmesinde ve laboratuvar çalışmalarında emeği geçen **Arş. Gör. Dr. Sermet AYMAN**'a,

Sayın jüri üyeleri **Prof. Dr. Osman KILINÇÇEKER**'e ve **Dr. Öğr. Üyesi Tuğba KARABEKMEZ ERDEM**'e,

Çalışmamda maddi destek sağlayan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, teşekkür eder saygılar sunarım.

Tezimin tüm aşamalarında beni özveriyle destekleyen ve yardımını esirgemeyen eşim **Gökay AYLAT**'a; bana duydukları güvenle desteklerini daima hissettiğim ve varlıklarıyla huzur bulduğum sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Betul Aylat

2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal	11
3.2. Metot.....	11
3.2.1. Balık atıklarından balık ununun hazırlanması	11
3.2.2. Bakteri suşlarının hazırlanması	11
3.2.3. Laktik asit bakteri süspansiyonunun hazırlanması.....	12
3.2.4. Ekmek yapımı	12
3.2.5. Hammaddelere uygulanan analizler.....	13
3.2.5.1. Unda yapılan analizler.....	13
3.2.5.2. Balık ununda yapılan analizler.....	14
3.2.5.3. Hamurda yapılan mikrobiyolojik analizler.....	14
3.2.5.4. Hamurda ve ekmekte yapılan fizikokimyasal analizler.....	14
3.2.5.5. Ekmekte yapılan diğer analizler.....	15
3.2.5.6. Duyusal analiz	16
3.2.6. İstatistiksel analiz	18
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	19
4.1. Un Analizlerine Ait Sonuçlar.....	19
4.2. Balık Unu Analizlerine Ait Sonuçlar	21
4.3. Hamurda Yapılan Analizlerin Sonuçları.....	23
4.3.1. Mikrobiyolojik analizlerin sonuçları	23
4.3.2. Deneme hamurlarında fermentasyon sürecinde pH ve titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler.....	27
4.4. Ekmeklerde Yapılan Analizlerin Sonuçları	29

4.4.1. pH değerlerinin belirlenmesi.....	29
4.4.2. TTA değerlerinin belirlenmesi	31
4.4.3. Nem, kül ve yağ değerlerinin belirlenmesi	32
4.4.4. Protein miktarı değerlerinin belirlenmesi.....	34
4.4.5. Ekmeklerin karbonhidrat değeri analiz sonuçları	36
4.4.6. Deneme ekmeklerinin hacim, ağırlık ve spesifik hacim değerleri.....	36
4.4.7. Ekmeklerin renk özelliklerinin belirlenmesi.....	38
4.4.7.1. Ekmek içi renk analizi.....	38
4.4.7.2. Ekmek kabuğu renk analizi	40
4.4.8. Ekmeklerin mineral madde içeriği	42
4.4.9. Duyusal analiz sonuçları.....	43
5. SONUÇ.....	46
KAYNAKLAR	50
ÖZ GEÇMİŞ	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Ekmeklerin duysal panel formu	17
Şekil 4.1. Hamur pH değerleri grafiği	28
Şekil 4.2. Fermentasyon sonu hamur TTA değerlerinin grafiği.....	29
Şekil 4.3. Ekmek örnekleri pH değerlerinin grafiği	30
Şekil 4.4. Ekmek örneklerinin TTA değerlerinin grafiği	32
Şekil 4.5. Ekmek örneklerine ait nem sonuçlarına ait grafiği	33
Şekil 4.6. Ekmek örneklerine ait kül ve yağ analiz sonuçlarına ait grafiği	33
Şekil 4.7. Ekmek örneklerine ait protein miktarı analiz sonuçları grafiği.....	35
Şekil 4.8. Ekmek örneklerine ait hacim ve ağırlık değerlerinin grafiği	37
Şekil 4.9. Ekmek örneklerine ait spesifik hacim değerlerinin grafiği	38
Şekil 4.10. Ekmeklerin iç görseli.....	39
Şekil 4.11. Ekmek içi renk değerlerinin grafiği	40
Şekil 4.12. Ekmeklerin kabuk renginin görseli	41
Şekil 4.13. Ekmek kabuğu renk değerleri grafiği.....	42
Şekil 4.14. Panelistlerin duysal analiz değerlendirmesi sonucu ekmek numunelerinin duysal değerlendirme kriterlerinin grafiği	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Kontrol ve deneme ekmekleri	12
Çizelge 3.2. Kontrol grubu ekmek formülasyonları	13
Çizelge 3.3 Balık unu ile zenginleştirilmiş ekmek formülasyonları	13
Çizelge 4.1. Ekmek yapımında kullanılan buğday ununun fiziksel ve kimyasal özelliklerine dair analiz sonuçları	19
Çizelge 4.2. Balık unu analiz sonuçları	22
Çizelge 4.3. Hamur örneklerindeki laktik asit bakterisi ve maya sayımı değerleri (kob/g)	26
Çizelge 4.4 Hamurda pH analiz sonuçları	27
Çizelge 4.5 Hamurda titrasyon asitliği analiz sonuçları	29
Çizelge 4.6 Ekmek örneklerinin pH analiz sonuçları	30
Çizelge 4.7. Ekmek örnekleri TTA analiz sonuçları	31
Çizelge 4.8. Ekmek örnekleri nem, kül, yağ analiz sonuçları	32
Çizelge 4.9. Ekmek örnekleri protein analiz sonuçları	34
Çizelge 4.10. Ekmeklerin karbonhidrat değeri analiz sonuçları	36
Çizelge 4.11. Ekmek örnekleri hacim, ağırlık ve spesifik hacim analiz sonuçları	37
Çizelge 4.12. Ekmek içi renk analiz sonuçları	39
Çizelge 4.13. Ekmek kabuğu renk analiz sonuçları	40
Çizelge 4.14. Ekmeklerin mineral madde içeriği analiz sonuçları	43
Çizelge 4.15. Duyusal değerlendirme sonuçları	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AACC	: American Association of Cereal Chemists
AOCC	: Association of Official Agricultural Chemists
BPT	: Balık Protein Tozu
CFU/G	: Koloni Oluşturan Birim
EPS	: Ekzopolisakkarit
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
K.M.	: Kuru Maddede
KOB/G	: Koloni oluşturan birim/gram
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
LOG	: Logaritma
ML	: Mililitre
MRS	: Man Rogosa Sharpe
NaOH	: Sodyum Hidroksit
OD	: Optical Density
PDA	: Potato Dekstroz Agar
pH	: Power of Hydrogen
RPM	: Dakikadaki Dönüş Sayısı (Revolutions Per Minute)
VB	: ve benzeri

1. GİRİŞ

Ülkemizde tahıla dayalı beslenme önemli bir yere sahiptir ve ilk sırayı ekmek almaktadır. Farklı gelir grupları ve bölgeler arasında ekmek tüketimi değişiklik göstermekle birlikte, günde 100-800 gram arasında tüketim yapılmaktadır. Ortalama olarak kişi başı günde 400 gram ekmek tüketilmektedir. Günlük enerji tüketiminin %66'sı tahıllardan gelmektedir ve bu enerjinin %56'lık kısmı sadece ekmekten elde edilmektedir. Ayrıca, günlük alınan proteinin %50'si de ekmekten sağlanmaktadır. Buna karşın, Türkiye’de ekmeğin günlük olarak taze üretim, dağıtım ve tüketim alışkanlığı ekmeğin yapım teknikleri nedeniyle hızlıca bayatlama niteliğinde olması muhafaza açısından sorunları beraberinde getirmektedir (Boyacıoğlu, 2010).

Son zamanlarda fonksiyonel gıdalara olan talep fırıncılık ürünlerinde de artmakta ve bu sektör içerisinde daha fazla gündeme gelmektedir (Rahaie ve ark., 2014). Ekmek, dünyanın dört bir yanında üretilen ve tüketimi fazla olan gıdalardan biridir. Bu nedenle, yetersiz beslenmenin önüne geçmek için ekmeğin protein ve diğer besin bileşenleriyle zenginleştirilmesi etkin bir çözüm olarak görülmektedir (Menon ve ark., 2015; Callejo ve ark., 2016).

Günlük diyetle birçoğumuz için önemli bir yeri olan ekmeğin, esansiyel aminoasit içeriğinin düşük olması, protein açısından besin kalitesini düşürmektedir (Coulter, 2016; Anonim, 2018). Özellikle rafine un kullanılarak yapılan ekmeklerde ve diğer fırıncılık ürünlerinde öğütme sırasında buğdayın rüşeym ve kepek kısımları atıldığından besin değerinin düştüğü belirlenmiştir (Indrani ve ark., 2015; Pasqualone ve ark., 2017). İnsan beslenmesinde yetersiz aminoasit ve protein alımı istenmeyen bir durum olup bireylerin sağlıklı beslenebilmesi için bir gıdanın zengin aminoasit kompozisyonuna sahip olması büyük önem taşımaktadır (Olgunoğlu, 2012). Bu nedenle bazı ülkelerde günlük tüketimindeki yerinden dolayı ekmek ve tahıl ürünlerinde yasal düzenlemelerle zenginleştirme yoluna gidilmiştir (Iwashita ve ark., 2011). Ekmeğin proteince zengin gıdalarla zenginleştirilmesine yönelik yapılan çalışmaların sayısı son yıllarda artmıştır. Bu alanda özellikle alternatif bitkisel protein kaynakları ekmeğin duysal kalitesine uyumundan dolayı önem kazanmış (Föste ve ark., 2014), beraberinde bileşence zenginleştirilmede çeşitli baklagillerin, sebzelerin, süt ve balık çeşitlerinin kullanımı da araştırmalara konu olmuştur. Yapılan birçok çalışmada söz konusu kaynakların ekmeğin

yapısal özellikleri, üretim süreçleri ve fizyolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir (Cercel ve ark., 2016; Swieca ve ark., 2017; Coda ve ark., 2017; Turfani ve ark., 2017).

Balık, hayvansal besin grubuna dahildir ve sürekli tüketilen bir gıda olmasa da yüksek besleyici değeri nedeniyle beslenmemizde önemli bir rol oynar. Yüksek besin değeri ve kolay sindirilebilen özelliklere sahip balık gibi hayvansal protein kaynaklarının, bitki kökenli protein kaynaklarına göre daha yüksek oranda esansiyel amino asit içerdiği kabul edilmektedir (Kristinson ve Rasco, 2000; Olgunoğlu, 2017). Mineral maddeler, yağ asitleri ve protein bakımından oldukça zengin olan balık, özellikle yüksek protein ve esansiyel amino asit içeriğiyle mükemmel bir protein kaynağıdır (Zhou ve ark., 2004). Beslenmemizde 40'ın üzerinde temel besin maddesine (vitaminler, esansiyel amino asitler, mineraller ve omega yağ asitleri vb.) ihtiyacımız bulunmaktadır. Bu 40 zorunlu temel besinin tamamına yakınına sağlayabilen yegâne besin kaynağı balıktır. Oldukça etkin bir protein kaynağı olan balıklar proteinin yanı sıra omega-3 yağ asitleri ve biyolojik olarak kullanılabilir mikro besinler (A, B12 ve D vitaminleri, kalsiyum, demir, iyot, çinko, selenyum ve fosfor) içermelerinden dolayı, oldukça önemli beslenme kaynaklarıdır (FAO, 2018). Ayrıca protein ve mikro besinler bakımından zengin olmaları nedeniyle, karbonhidrat ağırlıklı beslenme alışkanlığı olan toplumumuzda dengeli beslenmenin yaygınlaştırılmasında önemli katkılar sunarlar. Bu doğrultuda günümüzde çeşitli alanlarda su ürünlerine olan ilginin artmasıyla balık ununa ihtiyaç giderek artmıştır (Osmanoğlu, 2016).

Balık unu başka hiçbir maddenin eklenmediği balık veya balık atıklarının kurutulması ve öğütülmesi veya başka bir şekilde işlenmesi ile elde edilen bir üründür. Balık ununun tuz oranı en fazla %7, su oranı ise en fazla %10 olmalıdır (Yıldırım, 2006). Bu un, yüksek miktarda protein, esansiyel amino asitler, mineraller ve yağ asitleri içerir (Yeşilayer ve ark., 2013). Balık işlemenin bir yan ürünü olan balık unu hem ucuz hem de kaliteli bir gıda kaynağı olarak kullanılmaktadır (Desai ve ark., 2017).

Çalışmaya konu olan önemli etkenlerden biri ekşi mayadır. Ekşi maya eski çağlardan beri kullanılmakta olup, bu mayanın ekmeğin kalitesini artırdığı ve raf ömrünü uzatma yeteneği olduğu yapılan birçok çalışmada belirtilmiştir. Ekşi maya fermentasyon boyunca laktik asit bakterileri (LAB), organik asitler, ekzopolisakkaritler (EPS) ve enzimler gibi bir dizi metabolit üretebilirken, bu sayede ekmeğin dokusu ve bayatlaması üzerinde olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir. LAB tarafından üretilen EPS, ekmek geliştirici olarak kullanılan daha pahalı hidrokolloidlerin yerini alma potansiyeline

sahiptir. Organik asitler unun protein ve nişasta fraksiyonlarını etkiler. Ayrıca asit üretimine bağlı olarak pH'ın düşmesi, unun proteaz ve amilaz aktivitesinde artışa neden olarak bayatlamının azalmasına neden olur. Yapılan çalışmalarda ekşi maya fermentasyonunun ekmeğin dokusal niteliklerini geliştirirken aynı zamanda mineral biyoyararlanımını artırdığı ve düşük maliyet sağladığı da bildirilmektedir (Arendt ve ark., 2007).

Ekşi mayalı ekmek sağlık açısından faydalı olduğundan günümüzde çoğu insan tarafından tercih edilmektedir. Farklı LAB kültürlerinin karışımı ile hazırlanan ekşi mayalı ekmeklerin normal ekmeklere kıyasla daha iyi dokuya ve raf ömrüne sahip olduğu bildirilmiştir (Xu ve ark., 2019). Maya ve LAB' lar fermentasyon sırasında farklı organik asitler ve aroma sağlayan metabolitler (alkoller, aldehitler, esterler) üretirler (Gänzle ve Ripari, 2016). Ekşi hamur mikrobiyasındaki değişimler, içerdiği uçucu bileşenlerin çeşitliliğini sağlamaktadır. Ekmekte yapı, tat ve kokuyu geliştiren ekşi hamur fermentasyonunun ekmeğin duyu özelliklerini ve kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri olduğu bildirilmiştir (Chavan, 2011).

Nisin gibi doğal antimikrobiyal maddeler, aroma bileşenleri ve kolesterol düşürücü, antioksidan aktiviteye sahip EPS' ler, LAB 'lar tarafından üretilmektedirler. Bu bakteriler, GRAS (Genel Olarak Güvenli Olarak Kabul Edilen) statüsündedirler ve starter kültür potansiyeline sahiptirler. LAB tarafından üretilen EPS'ler hem insan sağlığına olumlu etkileri hem de gıdaların yapısal ve tekstürel özelliklerini geliştirmesi nedeniyle çok yönlü fonksiyonlara sahip mikrobiyal metabolitlerdir. *Lactiplantibacillus plantarum* yaygın bir laktik asit bakterisi türüdür. *Lpb. plantarum* farklı gıda türlerinin fermentasyon süresinde yaygın olarak kullanılmıştır (Plessas ve ark., 2008). Ekmek yapımında LAB 'lar asitleşmeye, ekmeğin lezzetinin ve diğer metabolik bileşiklerin üretimine katkıda bulunurlar (Dalcanton ve ark., 2008). *Lpb. plantarum*, şekeri fermentasyon yoluyla dönüştürerek laktik asit, etanol, asetik asit ve karbondioksit üretir. *Lpb. plantarum*' un insan sağlığına birçok faydası vardır. Bu bakteriler probiyotik olarak kullanılabilir, bağışıklık sistemini düzenler, kolesterol seviyesini düşürür, bağırsak mikrobiyasının dengesini korur ve tümör yayılımını engelleyebilirler (Bron ve ark., 2012).

Türkiye israfı önleme vakfı tarafından ülkemizde 2024 yılı israf raporuna göre günlük 6 milyon ekmeğin çöpe atıldığı bildirilmiştir (<https://israf.org/>). Ekmeklerin bayatlama neticesinde israf olduğu bildirmektedir. Ekmeğin bayatlama olarak belirttiğimiz lezzet ve tat unsurlarında ve mikrobiyal yüklerindeki değişimleri azaltmada ekşi hamur

mayası kullanımı doğal bir çözüm olarak düşünülmektedir. Ayrıca bu kusurları iyileştirmek için kullanılan katkı maddelerine karşı etkili bir alternatif kaynak niteliği de taşımaktadır denilebilir (Ertop, 2014).

2018 yılında küresel balık üretimi 179 milyon tona ulaşmıştır, 2030 yılına gelindiğinde ise bu miktarın 204 milyon tona çıkacağı tahmin edilmektedir. Ancak, bu miktarın yalnızca 156 milyon tonunun insan tüketimine uygun olduğu belirtilmektedir (FAO, 2020). İnsan tüketimi için olan balıklar türleri ve işleme şekline göre %20-80 arasında balık atığının ortaya çıkmasına neden olabilirken, bu atığın yarıdan fazlasının insan tüketimi için uygun olmadığı ve çevre kirliliğine neden olabildiği söylenmiştir (Yathisha ve ark., 2019). İnsan tüketimine uygun olan balık atıkları ise yüksek kalitede bileşenler içeren mükemmel bir kaynaktır. Bu atıklar, protein bakımından zengin olup vitamin, mineral, omega-3 yağ asidi, antioksidan, enzim ve biyoaktif peptid gibi biyoaktivite ve besinsel olarak değerli makro ve mikro bileşenler içermektedirler (Yathisha ve ark., 2019; Idowu ve ark., 2020). Balıklarda bileşen olarak en fazla protein bulunduğundan, balık atıkları da protein bakımından oldukça zengindirler (Yathisha ve ark., 2019).

Balık protein tozu (BPT) kolay saklanabilir olması ve gıdalarda kolayca kullanılabilen bir bileşen olması ile avantajlı olup insan tüketimi için balıktan daha fazla protein içeren bir preparattır. İşlenmemiş balıkta bulunan protein içeriği genellikle %15-25 arasındadır. Ancak Balık Protein Tozunda (BPT) bu değer %80'lere kadar çıkabilmektedir (Shaviklo, 2014). Ek olarak, BPT'nin yüksek protein kalitesi de önemli bir avantajdır. Protein kalitesi, vücudun bu proteini kullanma veya vücut proteinlerine dönüştürme derecesini gösterir (Windsor, 2001).

Tüm bu anlatılanlar doğrultusunda bu çalışmada değişik mayalama tekniği uygulaması ve farklı oranlarda balık unu ilavesi ile elde edilen hamurlardan üretilen ekmeklerin kalite değişimleri araştırılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Türkiye'de, sayısı her geçen gün artan birçok balık üretim ve işleme tesisi bulunmaktadır. Burada işlenen balıkların atıkları ise proteince zengin olup bunları değerlendirme uygulamaları yeterli düzeyde yapılmamaktadır. Balık atıklarının fermentasyon yoluyla değerlendirilmesi hususunda yapılmış olan çalışmalar az sayıda olup

genellikle insan tüketimine uygun olarak hazırlanan sosların formüllerinde kullanılmaktadırlar (Kılınç, 2007).

Balık işleme endüstrisi, artık olarak atılan büyük miktarda malzeme üretir. Ekmek ise herkes için erişilebilir bir besindir, ancak protein, mineraller ve yağ asitleri bakımından günlük diyetteki ihtiyacı karşılayamayabilir. Bu açıdan durum değerlendirmesi yapıldığında söz konusu çalışmada,

1. Kahramanmaraş Alabalık işleme tesisinden elde edilen Alabalık atıklarını değerlendirmek için atıklardan un eldesi ve bu unun ilavesi yapılarak ekmek üretimlerinin gerçekleştirilmesi,
2. Balık unu katkısının; geliştirilen ekmeklerin fizikokimyasal özelliklerine etkisinin değerlendirilmesi,
3. Balık atıklarının ekonomiye kazandırılarak gıda endüstrisinde hamur işleme teknolojisinde kullanım olanaklarının araştırılması,
4. EPS üreten *Lpb. plantarum* ve ekşi hamur mayası kullanarak üretilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal niteliklerinin değerlendirilmesi.
5. Fermentasyon sırasında buğday ununa balık unu ilave oranının optimize edilmesi, amaçlanmaktadır.

Yapılmış olan çalışma ile günlük olarak öğünlerimizde mutlaka yer alan ekmeğin protein, vitamin ve mineral madde bakımından zenginleştirileceği, ayrıca balık atıklarının değerlendirilmesi açısından ise oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Süt ve süt ürünleri kalsiyum, protein ve esansiyel amino asitlerden lizin, metiyonin ve triptofan gibi içerik miktarını artırdığı için ekmekte zenginleştirme amaçlı kullanılmaktadırlar. Bunun yanı sıra süt ürünleri hamurun işlenmesini kolaylaştırıp renk, tat, koku gibi duyuşal özellikleri de geliştirmektedirler (Kenny ve ark., 2000).

Yabancı ekmek tiplerinin de geleneksel ekmek çeşitleri arasına eklenmesiyle ekmek çeşitliliği artmış, bu durum beraberinde çeşitli sayıda katkı maddesi kullanımını gündeme getirmiştir. Ayrıca ekmeğin kalite özelliklerinin üst seviyede tutulması için saf maya ve bakteri kültür çeşitlerinin kullanımına yönelik mayalama yöntemleri de geliştirilmektedir (Göçmen, 2001).

Ekmekte besinsel özelliklerin artırımına yönelik yapılan bir çalışmada buğday ununa kabuğu soyulmuş bakla unu ilave edilmiş, üretilen ekmeklerin protein, yağ, kalsiyum fosfor ve demir içeriklerinin arttığı gözlemlenmiştir. Buğday ununa göre bakla unu daha fazla lizin ve histidin amino asidi içerdiğinden, bakla unu ilavesi ile yapılmış ekmeklerde esansiyel amino asit miktarlarının arttığı tespit edilmiştir (Abdel-Kader, 2001).

Mercimek ve beyaz fasulyeden elde edilen ve teknolojik özellikleri bakımından incelenmiş protein ekstraktlarının ekmek üretiminde kullanımına yönelik bir çalışmada protein ekstraktının yüksek su bağlama kapasitesi ile ürün tazeliğini koruyarak besinsel değerini artırdığı ve ekmek içi yumuşaklık değerini de olumlu etkilediği bildirilmiştir (Bildstein ve ark., 2008).

Fındık iç kabuğu antioksidan özelliğe sahip olup diyet lifi ve fenolik maddeler bakımından zengin bir yan ürün olarak fındık içi üretim teknolojisinde kavurma ve fırçalama işleminden sonra elde edilir. Fındık iç kabuğu unu ile zenginleştirilen ekmeklerin kabuk rengi koyulaşmış, %5 fındık iç kabuğu unu içeren ekmeklerin hacimleri kontrol ekmeğine yakın bulunurken, üretilen ekmeklerin diyet lifi ve antioksidan madde içeriği önemli derece de artmıştır (Anil, 2009).

Shin ve ark. (2013) soya unu katkılı ekmek üretimi yaptıkları çalışmada ekmeğin besin değerinin arttığını ve hamurun su tutma, hacim alma kapasitesi gibi özelliklerinin iyileştiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada yüksek protein içermesi ve mikro besin elementlerinin çeşitliliği sayesinde soya ununun ekmeğin zenginleştirilmesi işlemlerinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Çimlendirilmiş baklagil unlarının tahıl ürünlerinde amino asit dengesini geliştirmesi açısından kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada, ekmeğin protein miktarını artırmak için farklı oranlarda nohut unu kullanılmış ve ekmeğin besin değeri ve tüketim kalitesi üzerine yapılan incelemeler sonucu %20 oranında nohut unu ilave edilen ekmeğin kontrol gurubu ekmeklere yakın değerler aldığı sonucuna varılmıştır (Mohammed ve ark., 2012; 2014).

Pirinç kepeği; protein, mineral madde, yağ asitleri ve diyet lifi bakımından zengin, çeltiğin pirince dönüştürülmesi sırasında elde edilen bir yan üründür. Yapılan bir çalışmada pirinç kepeğinin suda çözünmeyen kısmının yüksek miktarda diyet lifi (%62,73) ve protein (%8,35) içerdiği, suda çözünen kısmının ise yüksek miktarda diyet lifi (%82,94) ve düşük miktarda protein (%2,69) içerdiği belirlenmiştir. Yüksek oranda diyet lifi içermesi kan kolesterol değerini düşürmekte ve kolon kanserini önleyen önemli etkiler sağlamaktadır ve bu etkiler göz önüne alındığında ekmeğin zenginleştirilmesi işleminde kullanılabileceği bildirilmiştir (Hu ve ark., 2009; Rahaie ve ark., 2014).

Baklagiller kalp hastalıkları, diyabet ve bazı kanser türleri ve obezite riskini azalttığı ve yüksek miktarda diyet lifi, vitamin, mineral madde ve fenolik maddeler içerdiği bildirilmiştir. Rafine una baklagil unu ilave edilerek zenginleştirilen hamurlarda fenolik maddeler sayesinde antioksidan özellik göstermiş olmasına rağmen hamur yapısını zayıf olmasından dolayı ekmek hacim ve ekmek içi elastikiyeti olarak düşmüş ve ekmek içinde daha sert bir yapı oluşmuştur. Çalışma sonunda %10 oranında baklagil unu katılarak ekmek üretimi yapılabileceği bildirilmiştir (Rizzello ve ark., 2014; Indrani ve ark., 2015).

Maş fasulyesi protein oranı ortalama %24 olup diğer tahılların yaklaşık üç katını içermektedir ve diyet lifi, mineral madde ve vitaminler bakımından oldukça zengindir. Indrani ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada maş fasulyesi ile ekmeği zenginleştirmiş ve böylece ekmeklerde protein ve diyet lifi oranlarının arttığını bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada ekmeğin zenginleştirilmesinde tek bir kaynak yerine tam yağlı soya, çimlenmiş maş fasulyesi ve mango çekirdeği unları karışımı kullanılarak üretilmiş ve ekmeğin protein miktarı önemli miktarda artmış ve fiziksel özellikleri kontrol ekmeğiyle yakın bulunmuştur. Duyusal analizlerde renk ve tat puanları düşmüş bu durumun meyve çekirdeği unlarının artmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Kullanılan unların ekmeğin zenginleştirme işlemlerinde kullanılabileceği ve mango çekirdeği gibi yağlı tohumların formülasyona eklenebileceği bildirilmiştir (Menon et al., 2015).

Marti ve ark., (2016) Avrupa, Batı Asya ülkelerinde endemik bir tür olarak yetiştirilen ve günümüzde dünyanın çeşitli bölgelerinde yetiştirilmeye başlanan *Thinopyrum intermedium* genel olarak hayvan beslenmesinde kullanılan çok yıllık bir bitki olup protein ve esansiyel amino asit bakımından zengindir. Bu bitkinin tohumları kabuk ve diyet lifi oranı buğdaydan fazla olup ekmeğin bu bitki unu ile zenginleştirilmesi ile ekmeğin protein içeriği ve diyet lifi içeriğinin arttığı bildirilmiştir.

Fasulye, mercimek, nohut ve soya gibi baklagiller, iyi bir protein, nişasta ve diyet lifi kaynağıdır. Baklagillerin özellikle yüksek protein içeriği, ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanımlarını cazip hale getirmektedir. Bu bitkiler kuru ağırlıklarının %18,50-30'unu protein, %35-52'sini nişasta ve %14,60-26,30'unu diyet lifi olarak içerirler. Ayrıca, bu gıdalar yüksek oranda lizin, lösin, aspartik asit, glutamik asit ve arjinin içerirler ve tahıllarla birlikte tüketildiğinde dengeli bir amino asit alımını sağlarlar (Mohammed ve ark., 2012; Mondor ve ark., 2014; Bigne ve ark., 2016; Summo ve ark., 2016; Turfani ve ark., 2017).

Hurma işleme tesisleri tarafından hurma tohumları atık olarak ayrılmaktadır ve bu tohumlar yüksek oranda diyet lifi, enzime dirençli nişasta ve selenyum içermesi gibi etmenlerden dolayı son zamanlarda fonksiyonel atık olarak değerlendirilmektedirler. Hurma tohumlarının ekmek zenginleştirme işlemlerinde kullanılması ile ekmek besin değeri artmış ve bayatlama süresi uzamıştır (Najafi ve ark., 2016).

Baklagiller yüksek oranda lizin içermektedir ve soya, nohut, fasulye, yulaf kepeği gibi baklagiller un haline getirilerek rafine undan yapılan ekmek hamurlarına katılmış ve ekmeğin besin kalitesine olumlu etkide bulunmuşlardır. Bu sayede günlük olarak alınması gereken esansiyel amino asitlerin yeterli miktarda alınmasını sağlanmaktadır. Baklagiller, tansiyonu düşürücü gibi olumlu etkileri olan çeşitli biyoaktif peptitler içermektedir. Ayrıca, fasulyede bulunan Glu-Phe, Ile-Arg ve Lys-Phe gibi peptitlerin antitrombotik etki gösterdiği ve baklagil tüketiminin kolesterol seviyelerini azalttığı rapor edilmiştir (Mohammed ve ark., 2012; Bigne ve ark., 2016; Summo ve ark., 2016).

Baklagillerden börülce, protein (esansiyel amino asitler), karbonhidrat, diyet lifi, vitaminler (tiamin, niasin, riboflavin, pridoksin ve folik asit) ve mineraller (fosfor, demir, potasyum, magnezyum, çinko ve manganez) bakımından zengindir. Ayrıca düşük miktarda lipid ve doymamış yağ asitleri de barındırır. Börülce ununun fırıncılık ürünlerine ilavesi, demir, bakır, fosfor, magnezyum, manganez ve çinko gibi mineralleri artırabilmektedir.

Ekmeklik una b r lce unu ilavesiyle üretilen ekmeklerin normal ekmeklere göre daha düşük kalori miktarına sahip olduğu bildirilmektedir. Yine b r lceden elde edilen ni stanın fırıncılık alanında kullanılmasıyla hamur hacminin arttığı, ürünlerin daha açık renkli olduğu ve raf ömrü boyunca nemin azalmasını engellediği belirtilmektedir. B r lcenin gluten içermemesinden dolayı da   lyak hastaları için fırıncılık ürünlerinde rahatlıkla kullanılabileceği vurgulanmıştır (Cavalcante ve ark., 2016).

Balık atıkları çeşitli araştırmalarda balık protein hidrolizatı  retimi (Shahidi ve ark., 1995; Guerard ve ark., 2002; Martone ve ark., 2005), balık işleme atıklarından gübre elde edilmesi (Martin, 1999), balık i  organlarının hidrolizi ile pepton  retimi (Vazquez ve ark., 2004), balık atıklarından (deri, kemik ve y zge lerden) kolajen izolasyonu (Nagai ve Suzuki, 2000) ve balık sosu ile balık silağı üretiminde enzim ve biyoaktif peptidlerin elde edilmesi (Gildberg, 2004) gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Balık atıkları insan tüketimine uygun olacak şekilde tuz ile fermente edilerek sos üretiminde de kullanılmaktadır. Balık ve tuz oranı üretim yerlerine göre değişmekte ve elde edilen soslar farklı isimler almaktadır. Balık eti kullanımıyla da sos üretimi yapılmakta olup, üretim hızını artırmak için enzimler ve LAB' lardan yararlanılmaktadır (Kılınç, 2003). Balık sosları yapılırken genel olarak sardalya, uskumru ve hamsi kullanılmaktadır. Fermente edilirken hızlı olması için i  organlardan veya proteaz enzimiyle zenginle tirilmi  barsaklardan faydalanılmakta veya tuz oranı azaltılmaktadır (Dissaraphong ve ark., 2006).

Ek i hamur, LAB' lar ve mayanın fermentasyonu sonucu üretilmekte ve ekşi mayalı ekmek üretim teknolojisinde yaygın olarak kullanılarak ekmeğin lezzet ve kalite özelliklerini iyileştirmede katkı sağlamaktadır (Corsetti ve Settanni, 2007).

LAB' lar et ve süt ürünlerinde fazla miktarda bulunmakta ve başta süt ürünleri olmak üzere starter kültür olarak kullanılmaktadırlar. Bu bakteriler istenmeyen mikroorganizmaları inhibe etme, gıdalarda duysal ve tekstürel özellikleri geliştirip sağlıklı ürünler elde etme amacıyla kullanılmaktadır (Tamime ve ark., 2006; Carminati ve ark., 2010).

Balığın içerdiği birçok besin maddesi balık atıklarında da mevcuttur. Balık işleme sanayinde fazla miktarda atık oluşmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak kırmızı kuyruklu Brycon balığının atıklarından un elde edilerek ekmeğin zenginleştirme işleminde kullanılan bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmayla ekmeğin protein, esansiyel yağ

asitleri, mineral maddeler (özellikle fosfor ve kalsiyum), A, D ve B kompleks vitamin miktarları artmış, karbonhidrat miktarı ise azalmıştır. Çalışmanın sonucuna göre balık unu katkılı olanların duyuşal olarak kontrol ekmeğine yakın özellikte oldukları belirlenmiş ve düşük maliyetli balık unlarının ekme zenginleştirme işlemlerinde kullanılabileceğı vurgulanmıştır (Bastos ve ark., 2014).

Buğday ekmeğini zenginleştirmek için balık filetosu artıkları, kimyasal ve duyuşal özellikler üzerine yaptığı çalışmada balık unu içermeyen standart bir ekme formülasyonu ile ilgili olarak, dilimlenmiş ekme formülasyonlarına Red-tailed Brycon işleme artık ununun eklenmesi, daha yüksek protein içeriğine, esansiyel yağ asitlerine ve minerallere (özellikle kalsiyum ve fosfor) sahip ürünlerle sonuçlanmıştır. Tat, doku, genel görünüm, renk ve satın alma niyeti açısından balık unlu ekme formülasyonları, balık unu içermeyen standart bir ekme formülasyonundan daha çok kabul görmüştür. Bu doğrultuda, ekmeklere balık işleme artıklarının eklenmesi tüketicilere temel besin maddelerini içeren, erişilebilir ve düşük maliyetli ürün geliştirmenin bir yolu olarak gösterilmiştir (Bastos ve ark., 2014).

Günümüzde besleyici, lezzetli ve katkı maddesi içermeyen raf ömrü uzun gıdalara yönelimin artması tüketim alışkanlarını da etkilemektedir (Cahavan ve Cahavan, 2011). Ekmeğin raf ömrünün kısa olması nedeniyle farklı formülasyonlar ve teknolojiler kullanılarak bu süre uzatılmaya çalışılmaktadır (Çolakoğlu, 2011). Bu kapsamda, çalışmamıza destek olabilecek, ekme yapımında laktik starter kültürlerin kullanımı ile küflenmenin önlenmesi, ekmekte rope hastalığı ve raf ömrü üzerine farklı çalışmaların yapıldığı da gözlenmiştir (Bakırcı ve Köse, 2017).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak kullanılan balık atıkları Kahramanmaraş Kılıç Deniz Ürünleri Üretimi İhracat İthalat A. Ş'den temin edilmiştir. Balık atıklarının una dönüştürme işlemi Kılıç Deniz Ürünleri Üretimi Şirketinin laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan ekmeklik buğday unu Samsun Taflan Un Fabrikasından temin edilmiştir. Ana ekşi hamur, kontrol örneğinde ve diğer ekmek üretimlerinde kullanılmak üzere Kahramanmaraş'ta yerel bir fırından alınmıştır ve ekmek üretiminin tüm aşamalarında aynı ekşi hamur kullanılmıştır. Ekşi hamurdan elde edilen *Lpb. plantarum* bakteri suşları KSÜ Gıda Mühendisliği laboratuvarında -80 °C'de muhafaza edilen kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Kontrol grubu ekmekler için piyasadan temin edilen "Pakmaya" firması tarafından üretilmiş, pres yaş maya kullanılmıştır. Ekmek hamurlarının hazırlanmasında rafine tuz ve içme suyu kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Balık atıklarından balık ununun hazırlanması

Balık atığı unu elde etmek için kafa, kemikler, iç organlar ve deri kullanılmıştır. Bu atıklar ilk önce musluk altında yıkandıktan sonra 25 dk buharlaşmaya bırakılmıştır. Daha sonra Bosch marka blender ile parçalanarak 60 °C'de 7 saat boyunca Binder BF400 model basınçlı hava sirkülasyonlu inkübatöre yerleştirilip kurutulmuştur. Kurutma sonucunda elde edilen ürün toz haline getirmek için öğütme işleminden geçirildi ve balık atığı unu elde edilmiştir. Standardize etmek için elekten geçirilmiştir. Un cam kavanozlarda ambalajlanıp ekmek hazırlanıncaya kadar 2 gün buzdolabında +4 °C'de saklanmıştır.

3.2.2. Bakteri suşlarının hazırlanması

Lpb. plantarum suşları, MRS (Merck, Almanya) sıvı besiyerinde 37°C'de 24 saat süreyle inkübe edilerek geliştirilmiştir. Gelişen suşlar, MRS katı besiyerine yayma plak yöntemiyle ekilerek 37°C'de 48 saat süreyle inkübasyonla çoğaltılmıştır. Petri kutularında (MRS agar) geliştirilen suşlardan tek bir koloni alınarak sıvı besiyerinde (MRS Broth) tekrar çoğaltılmıştır.

3.2.3. Laktik asit bakteri süspansiyonunun hazırlanması

Tek bir koloni kullanılarak sıvı besiyerinde geliştirilen suşların optik yoğunluğu (OD), spektrofotometrede ölçülerek hamura inoküle edilecek miktarlar tüm örneklerde eşit olacak şekilde hesaplanmıştır. Suşlar, hamura inoküle edilmek üzere 5°C'de 3500 rpm hızla 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve ardından besiyeri kalıntılarını tamamen gidermek için steril saf su ile iki kez yıkanmıştır.

3.2.4. Ekmek yapımı

Kontrol ve deneme ekmeklerinin isimlendirilmesi ve kodlanması Çizelge 3.1 de verilmiştir. Araştırmada ticari maya ekmeği, ekşi maya ekmeği ve *Lpb. plantarum* suş+ekşi maya ekmeği olmak üzere 3 farklı kontrol grubu ile ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2). Deneme ekmekleri olarak ekşi mayalı ve *Lpb. plantarum* suş ilaveli olmak üzere %5 balık unu (F1), %10 balık unu (F2) ve %15 balık unu (F3) ilaveli 3 farklı deneme ekmek örneği üretimi yapılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.1. Kontrol ve deneme ekmekleri

TM	Ticari maya ekmeği
EM	Ekşi maya ekmeği
EM+ LP	Ekşi maya+ <i>Lpb. plantarum</i> suş ilaveli ekmek
F1	Ekşi maya+ <i>Lpb. plantarum</i> suş+ %5 balık unu ilaveli ekmeği
F2	Ekşi maya+ <i>Lpb. plantarum</i> suş+ %10 balık unu ilaveli ekmeği
F3	Ekşi maya+ <i>Lpb. plantarum</i> suş+ %15 balık unu ilaveli ekmeği

Balık unu ile zenginleştirilmiş ekmekler ve ekşi maya ekmeği için, hamurdaki başlangıç bakteri sayısı 10^8 kob/g olacak şekilde LAB ilave edilmiştir. Formülasyon daha önce yapılan ekmek denemeleri dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Hamur bileşenleri bir araya getirilip yoğrulmuş, 160 g kesilerek 28°C'de 30 dakika ana fermentasyona bırakılmıştır. Süre sonunda hamurların gazı alınmış, havalandırılmış ve tekrar yuvarlak yapılarak 30 dakika daha fermente edilmiştir. Daha sonra şekil verilen hamurlar 1 saatlik son fermentasyona bırakılmıştır. Toplamda 2 saat fermente edilen hamurlar 225°C'de 25 dakika pişirilmiştir.

Çizelge 3.2. Kontrol grubu ekmek formülasyonlar

Ekmek malzemeleri	Eklenen miktar(g)		
	Ticari maya ekmeği	Ekşi maya ekmeği	<i>Lpb. plantarum</i> +ekşi maya ekmeği
Un	100	100	100
Su	56	56	56
Ticari Maya	2	-	-
Tuz	2	2	2
Ekşi hamur	-	10	10
<i>Lpb. plantarum</i> suş	-	-	10 ⁸ kob/g

Çizelge 3.3. Deneme grubu ekmek formülasyonları

Ekmek malzemeleri	Eklenen miktar(g)		
	F1(%5)	F2(%10)	F3(%15)
Balık unu (g)	5	%10	%15
Un (g)	95	90	85
Su(g)	56	56	56
Tuz (g)	2	2	2
Ekşi hamur (g)	10	10	10
<i>Lpb. plantarum</i> suş (g)	10 ⁸ kob/g	10 ⁸ kob/g	10 ⁸ kob/g

3.2.5. Hammaddelere uygulanan analizler

3.2.5.1. Unda yapılan analizler

Deneme ekmeklerinin yapımında kullanılan unun nem, gluten, sedimentasyon, beklemiş sedimentasyon, Düşme sayısı (FN), ortalama direnç, ortalama elastikiyet, su alma, kül, farinograf ve ekstensograf özellikleri Elgün ve ark. (2002) tarafından belirtilen yöntemler kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.5.2. Balık ununda yapılan analizler

Deneme ekmeklerinin yapımında hazırlanan balık unu için protein miktarı, mineral madde, nem, kül, yağ, renk Elgün ve ark. (1998;2002) analizinde belirtilen yöntemler kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.5.3. Hamurda yapılan mikrobiyolojik analizler

LAB sayısının belirlenmesi

Hamur örnekleri, yoğurma işlemi sonrasında, fermentasyonun ortasında ve sonunda olmak üzere üç farklı aşamada %0,85 NaCl içeren serum fizyolojik ile karıştırılarak laboratuvar kurallarına uygun bir şekilde stomacher (Masticator IUL Instruments, İspanya) kullanılarak homojenize edilmiştir. Bu homojenize karışımlardan 10^{-1} ' den 10^{-6} ' ya kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan uygun dilüsyonlardan 0,1 ml alınarak MRS agar (Merck, Almanya) katı besiyerlerine yüzeye yayma yöntemi ile paralel ekimler yapılmış ve 37°C'de 48 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda, petri kaplarında LAB sayımı gerçekleştirilmiş ve toplam LAB, kob/g cinsinden belirlenmiştir (Halkman, 2005).

Maya sayısının belirlenmesi

Maya sayımı için, hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 ml alınarak yüzeye yayma yöntemiyle Potato Dextrose Agar'a (PDA) (Merck, Almanya) ekilmiştir. Ekilen petri kapları, 25°C'de 3-5 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda, koloni içeren petri kaplarında koloniler sayılarak maya sayısı hesaplanmıştır (Halkman, 2005).

3.2.5.4. Hamurda ve ekmekte yapılan fizikokimyasal analizler

pH tayini

10 gram örnek, 90 ml saf su ile bir karıştırıcı yardımıyla homojenize edildikten sonra, kalibrasyonu yapılmış olan "Eutech Instrument" marka pH metre kullanılarak pH ölçümü yapılmıştır (Paramithiotios ve ark., 2006).

Titrasyon asitliği tayini

10 gram örnek, 90 ml saf su ile bir karıştırıcı yardımıyla homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırılmış ve ardından pH'sı 8,5'e ulaşana kadar 0,1 N NaOH ile titre

edilmiştir. Titrasyon asitliği, laktik asit cinsinden % olarak ifade edilmiştir (Paramithiotios ve ark., 2006).

3.2.5.5. Ekmekte yapılan diğer analizler

Kül tayini

Ekmek örneklerinin kül tayini AACC metot 08-01.01' e göre belirlenmiştir.

Ağırlık, hacim ve spesifik hacim ölçümü

Ekmeklerin ağırlık ve hacimleri, fırından çıktıktan 2 saat sonra ölçülmüştür. Ekmeklerin hacmi, kolza tohumuyla yer değiştirme yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve spesifik hacim; hacim değerinin ağırlığa bölünmesiyle elde edilmiştir (Elgün ve ark., 2002).

Renk tayini

Ekmekler, fırından çıktıktan 12 saat sonra ekmek kabuğu ve iç kısmının renk değerleri, HunterLab Colorflex otomatik renk tayin cihazı ile üç paralel ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Bu cihaz, üç boyutlu renk ölçümüne dayanmakta olup, Y ekseninde *L* (açıklık); 0=siyahtan, 100=beyaza kadar örneğin açıklık-koyuluk derecesini, X ekseninde *a*; yeşil (-a), kırmızı (+a) ve Z ekseninde *b*; sarı (+b), mavi (-b) renk boyutunu veya yerini göstermektedir (Elgün ve ark., 1998).

Protein tayini

AOAC, 960.52 Kjeldahl yöntemine göre yarı otomatik protein tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır. Kjeldahl tüplerine yaklaşık 1 g numune tartılarak üzerine 12 ml sülfürik asit (H₂SO₄) ve 1 adet Kjeldahl tableti eklenmiştir. Protein yakma cihazında 3 saat süreyle yakma yapılmıştır. Daha sonra destilasyon için soğutulmuş tüplere sırasıyla otomatik olarak 75 ml saf su ve %33 NaOH çözeltisinden 75 ml NaOH tüplere otomatik olarak ekleme yapılmış ve ünitenin diğer ucuna %4 borik asit içeren 25 ml çözeltinin bulunduğu erlen yerleştirilmiştir. Elde edilen destilat 0,1 N HCl ile titrasyon yapılarak sonuçların ifadesi için 5,7 çevirme faktörü ile çarpılmıştır (AOAC, 1990). Denklem 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Azot (\%)} = [(A-B) \times N \times 0.014 / \text{Örnek miktarı (g)}] \times 100 \quad (3.1)$$

A: Titrasyonda harcanan 0,1 N HCl (ml) B: Şahit deneme için harcanan 0,1 N HCl (ml) N: HCl'nin normalitesi (0,1 N)

Mineral madde tayini

Ekmeklerde fosfor, magnezyum, kalsiyum, potasyum, çinko, mangan ve demir içerikleri ICP (Optik Emisyon Spektrometresi) ile (EPA 3051,1994) belirlenmiştir.

Yağ tayini

Yağ miktarı analizi, AACC metot no. 30-25.01'e göre tespit edilmiştir (AACC, 1999). Örneklerdeki ham yağ miktarı otomatik yağ tayin cihazı (FOSS) ile gerçekleştirilmiştir. Numuneler yaklaşık 3 gram olacak şekilde filtre kağıdına tartılıp ağzı sarıldıktan sonra kartuş içerisine ve kartuş da cihazın ekstraksiyon beherlerine yerleştirilmiştir. Çözücü olarak 80 ml hekzan kullanılarak ekstraksiyon beherlerinde 50 dakika boyunca ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiş ve bu beherlerdeki hekzan uzaklaştırılmış, kalıntı sabit tartıma gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Son aşamada, oda sıcaklığına desikatörde soğutulmuş olan beherlerindeki ham yağ miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Denklem 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$Yağ (\%) = [Kalıntı ağırlığı (g) / Örnek ağırlığı (g)] \times 100 \quad (3.2)$$

Toplam karbonhidrat miktarının belirlenmesi

Toplam karbonhidrat içeriği, nem, yağ, protein ve kül içeriklerinin 100'den çıkarılmasıyla hesaplanmıştır (AOAC 991.43).

3.2.5.6. Duyusal analiz

Ekmek pişirme denemeleri sonrasında gerçekleştirilen fiziksel analizler göz önüne alınarak, duyusal değerlendirme denemelerinde toplamda 6 ekmek kullanılmıştır. Kontrol grubunu, sadece yaş pres maya ile üretilen ekmek, ekşi hamur kullanarak üretilen ekmek ve ekşi hamur ile *Lpb. plantarum* suşu eklenmiş ekmek oluşturmuştur. Ekmekler üretildikten yaklaşık 12 saat sonra dilimlenerek (15 mm kalınlığında) panelistlere sunulmuştur. 10 kişilik bir panelist grubu (4'ü bayan, 6'sı erkek) ekmek örneklerinin duyusal değerlendirmesini gerçekleştirmiştir. Ekmekler, kabuk rengi, iç rengi, gözenek yapısı, çiğnenebilirliği, tadı, kokusu ve genel beğeni kriterlerine göre 1'den 5'e kadar puanlanmıştır; 1, 'Çok Kötü', 2, 'Kötü', 3, 'Orta', 4, 'İyi', 5 ise 'Çok İyi' anlamına gelmektedir (Akgün, 2007). Duyusal değerlendirmelerde kullanılan form Şekil 3.1'de sunulmuştur.

Sayın panelist,

Size toplam 6 adet ekmek örneği sunulacaktır. Lütfen ekmekleri sunum sırasına göre dikkatlice inceleyiniz. Ekmeklerin özellikleri hakkında düşündüklerinizi belirtmek için kutucuklardan birine çarpı (X) koymanız yeterlidir. Ekmek örneklerini tatmaya başlamadan önce ve bir sonraki ekmeğin tadına geçmeden önce bir miktar su içmeyi unutmayınız.

EKMEK NUMARASI				
DİKKAT! Aşağıdaki soruları TADIMI YAPMADAN ÖNCE cevaplayınız.				
1. Ekmeğin RENGİNİ inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.				
1	2	3	4	5
2. Ekmeğin KOKUSUNU inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.				
1	2	3	4	5
3. Ekmeğin GÖZENEK YAPISINI inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.				
1	2	3	4	5
4. Ekmeğin TEKSTÜRÜNÜ (YAPISAL ÖZELLİĞİNİ) el yordamıyla inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.				
1	2	3	4	5
DİKKAT! Aşağıdaki soruları TADIMI YAPTIKTAN SONRA cevaplayınız.				
5. Ekmeğin ÇİĞNENEBİLİRLİĞİNİ inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.				
1	2	3	4	5
6. Ekmeğin LEZZETİNİ inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.				
1	2	3	4	5
7. Ekmek ile ilgili GENEL BEĞENİNİZ hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz				
1	2	3	4	5
Puanlama; 5: çok iyi, 4: iyi, 3: orta, 2: kötü, 1: çok kötü				

Şekil 3.1. Ekmeklerin duyu panel formu

3.2.6. İstatistiksel analiz

Bu çalışmadan elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics 27 programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistik analiz sonuçları, $p<0.05$ ve $p<0.01$ önem düzeylerine göre ele alınmış ve yorumlanmıştır (Yıldız ve Bircan, 2003).



4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Un Analizlerine Ait Sonuçlar

Deneme ekmek örneklerinin üretiminde kullanılan unun fiziksel ve kimyasal özelliklerini içeren analiz sonuçları, detaylı olarak belirlenmiştir. Bu analizler, ekmek yapımında kullanılan unun uygunluğunu ve kalitesini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Çizelge 4.1 bu analizlerin sonuçlarını kapsamaktadır.

Çizelge 4.1. Ekmek yapımında kullanılan buğday ununun fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları

Buğday Unu Özellikleri	
Nem (%)	14,50
Protein (KM'de %)	9,70
Yaş Öz (%)	25,50
Normal Sedimentasyon (cm ³)	30
Beklemeli Sedimentasyon (cm ³)	33
Düşme Sayısı (FN), sn	306
Kül (KM'de %)	0,76
Su Absorbsiyonu (%)	56,50
Gelişme Süresi (dk)	1,15
Ortalama Direnç (BU)	762
Elastikiyet	91
Uzayabilirlik normal değerleri	45 dk / 90 dk / 135 dk
Uzayabilirlik (mm)	418/924/886
Hamur Mukavemeti (BU)	118/69/88
Hamur Enerjisi (cm ²)	71/81/89
Oran Sayısı (BU/mm)	3,55/13,37/10,06

Buğdayda nem miktarı bölgesel iklim koşullarına ve atmosfer olaylarına bağlı olarak yaklaşık %8 ile %14 arasında değişmektedir. Çalışmada kullanılan unun nem miktarı 14,5 olarak belirlenmiştir. Bu nem miktarı TKG buğday unu tebliğinde belirtilen

maximum nem değeri olan %14,5 olan nem değerine sahip olmakla birlikte kabul edilebilir aralık içerisinde.

Yüksek nem oranına sahip olan yeni hasat edilmiş buğdayların dinlendirilmesiyle fazla nemin azaltılması amaçlanır. Öğütme öncesinde buğdayın kepek kısmının elastik olması ve öğütme sırasında kepek ve endospermin ayrılmasının kolaylaşması için tavlama işlemi yapılır. Buğdayın nem seviyesi değerlendirilerek belirli bir miktarda su eklenir. Ancak, eklenen su miktarının fazla olması bazı sorunlara yol açabilir. Bu sorunlar; randıman kaybı, eleklerin tıkanması, üretilen unun mevzuatta belirtilen %14,5'tan yüksek nem oranına sahip olması ve unun depolanması sırasında küf, mantar ve böceklenme oluşumu olarak sıralanabilir. Ayrıca, unun nem miktarı arttıkça kuru madde miktarı da azalır (Anonim, 2013a).

Unların kül oranı, ekmek yapımında kullanılabilirliği ve unun türü hakkında bilgi sağlar. Ekmek yapımında kullanılan buğday unları, Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 olarak sınıflandırılır ve bu unların kül oranları sırasıyla kuru maddede en fazla %0,55, %0,65 ve %0,85 olmalıdır (TGK, 1999).

TGK Buğday Unu Tebliğine (Anonim, 2013b) göre ekmeklik unlarda kuru madde temelinde protein miktarının en az %10,5 olması gerekmektedir. Buğday türüne bağlı olarak, protein oranı düşük olarak belirlenmiştir.

Sedimentasyon değerleri, TGK Buğday Unu Tebliğinde (Anonim, 2013b) belirtilen ekmeklik unlarda sedimentasyon analizi sonucu 30 ml değerinde olmalıdır.

Belli bir viskoziteye sahip hamur elde edebilmek için una eklenmesi gereken su miktarı, unun su absorpsiyon değeridir ve bu değer, ekmek üretiminde önemli bir faktördür. Ekonomik açıdan, unun yüksek su tutma kapasitesine sahip olması daha fazla ekmek elde edilmesi anlamına gelir. Bir unun su absorpsiyon kapasitesi, kuru glüten miktarının yaklaşık 2,8 katıdır (Ünal, 1991).

Gelişim süresi, maksimum pik viskozitesine ulaşılması için geçen sürenin dakika cinsinden ölçülmesidir. Başka bir ifadeyle, hamurun yoğurmanın en verimli olduğu noktaya gelmesi için gereken suyu alma hızıdır. Gelişim süresi, un kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilir (Wang ve ark., 2002). Kısa gelişim süresine sahip unlarda su emilimi çok hızlı olurken, uzun gelişim süresine sahip unlarda su emilimi daha yavaştır. Bu durum, unun içerdiği pentozan, hemiselüloz gibi maddelerden kaynaklanmaktadır (Gül, 2007).

Şahin ve arkadaşlarının (2011) belirttiğine göre, sedimentasyon, yaş glüten ve stabilite değerleri arasındaki pozitif ilişki, hamurun özelliklerinin gelişmesine ve kuvvetlenmesine atfedilmektedir. Hamurun uzayabilirlik değeri ile maksimum kuvvet değeri arasında negatif bir korelasyon ($r=-0.51^{**}$) bulunmaktadır. Kuvvetli unlarda uzamaya karşı direnç artarken, uzayabilirlik değeri düşmektedir; zayıf unlarda ise uzamaya karşı direnç düşük iken, uzayabilirlik değeri artmaktadır (Anderssen ve ark., 2004). Hamurun uzayabilirlik değeri, unun içerdiği protein oranından büyük ölçüde etkilenmektedir. Meral ve ark. (2010)'nın , unların reolojik özelliklerini belirledikleri çalışmalarında, protein oranı ve kalitesinin artışıyla birlikte uzayabilirlik değerinin de arttığını ifade etmişlerdir.

4.2. Balık Unu Analizlerine Ait Sonuçlar

Üretilen balık ununa ait analiz sonuçları Çizelge 4.2 'de verilmiştir. Üretilen balık unu nem oranı %7,35 olarak bulunmuştur. Balık ununda bakteriyel gelişimin minimum olması için balık ununda nem oranının %10'un altında olması istenir. Kausoulaki ve arkadaşlarının (2009) yaptığı araştırmada, ringa balığı unlarında nem oranının %7,1 olduğunu tespit etmişlerdir. Cozzolino ve ekibinin (2002) çalışmasında ise bu oran %3,4 ile %14,0 arasında değişiklik göstermiştir. De Koning (2005)'in farklı balık türlerinden elde edilen unlar üzerine yaptığı çalışmada, nem oranlarının %5 ile %10 arasında değiştiği bulunmuştur. Moghaddam ve ark. (2007), dünya balık unu pazarında üretilen hamsi, ringa ve menhaden unlarında nem oranlarının sırasıyla %8,0, %7,0 ve %8,0 olduğunu rapor etmişlerdir. Balık unundaki nem oranını etkileyen faktörler arasında kurutma sıcaklığı, işleme yöntemi ve hammaddenin tazeliği bulunmaktadır. Bu bakımdan nem miktarındaki değişimlerin bizim çalışmamızda da kurutma sıcaklığı, işleme yöntemi ve hammaddenin tazeliği faktörlerine göre oluştuğu tahmin edilmektedir.

Üretilen balık unu kül oranı %14,22 olarak bulunmuştur. Cozzolino ve ark.(2002)' in çalışmasında, farklı ham maddelerden elde edilen balık unlarında ham kül oranının %11,40 ile %23,70 arasında değiştiği belirtilmiştir. Storebakken ve ark. (2000)' nın araştırmalarında ise bu oran %11,90 olarak rapor edilmiştir. De Koning'in (2005) yaptığı çalışmada, çeşitli balık türlerinden elde edilen unlarda ham kül oranlarının %10 ile %25 arasında değişiklik gösterdiği bulunmuştur. Kausoulaki ve ark. (2009) ise ringa ununda ham kül oranını %10,34 olarak tespit etmiştir. Moghaddam ve arkadaşlarının (2007) araştırmalarında, kilka ununda ham kül oranının %13,20 olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlar,

bizim çalışmada elde edilen ham kül oranları ile uyum göstermektedir. Üretilen balık unu yağ oranı %4,46, ham protein %68,18 olarak bulunmuştur. Sinop iline bağlı Dikmen ilçesindeki bir balık unu ve yağı fabrikasından alınan hamsi ve çaça balıklarının işlenmesi sonucunda üretilen balık ununun besin bileşimi analiz edilmiştir. Bu analizler, balık ununda bulunan ham protein, ham yağ, nem ve ham kül içeriklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Elde edilen hamsi unu ham protein %72,56, ham yağ %8,12, kül %10,75, nem %7,78 karbonhidrat %0,80 olarak bulunmuş olup çaça balık unuda bu değerler sırayla %66,68, %10,73, %15,23, %6,41, %0,96 olarak bulunmuştur (Bayraklı, 2009).

Çizelge 4.2. Balık unu analiz sonuçları

Balık Unu Özellikleri	
Nem (%)	7,35
Kül (%)	14,22
Yağ (%)	4,46
Protein (%)	68,18
Renk Tayini	$L^* = 40,25$ $a^* = 3,82$ $b^* = 22,15$
Fosfor (P)	481,40 mg/kg
Azot (N) (%)	10,91 mg/kg
Çinko (Zn)	363,50 mg/kg
Kalsiyum (Ca)	6572 mg/kg

Üretilen balık ununun kül içeriği, çaça balık ununa (%15,23) yakın ancak hamsi ununa (%10,75) göre daha yüksek bulunmuştur. Kül oranı, balık ununun mineral içeriğini belirleyen önemli bir faktördür ve özellikle kalsiyum ve fosfor açısından değerlendirilir. Üretilen balık unu protein miktarı (%68,18), çaça balık ununa (%66,68) göre daha yüksek, ancak hamsi unundan (%72,56) biraz daha düşük bulunmuştur. Bu, protein açısından dengeli ve iyi bir besin kaynağı sunduğunu göstermektedir. Üretilen balık ununun yağ içeriği (%4,46), hem hamsi (%8,12) hem de çaça balık ununa (%10,73) göre daha düşük bulunmuştur. Düşük yağ oranı, uzun süreli depolama ve stabilite açısından avantaj sağlayabilir. Sonuç olarak, ürettiğimiz balık unu yüksek protein içermekte, kül açısından orta seviyede ve yağ oranı düşük olarak bulunmuştur. Bu bileşim, özellikle mineral içeriği açısından avantajlı olabilir. Kullanım amacına göre farklı değerlendirmeler yapılabilir.

Üretilen balık unu renk parametreleri L^* değeri 40,25, a^* değeri 3,32, b^* değeri 22,15 olarak bulunmuştur. Sinop il sınırları içerisinde bulunan 3 adet balık unu ve yağ işleme fabrikasında yapılmış olan çalışmada 3 farklı fabrikadan farklı tazelikte alınan balık unlarında yapılan renk analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde balık ununda parlaklık (Renk L), kırmızılık (Renk a) ve sarılık (Renk b) parametreleri ölçülmüştür. L^* değeri ortalama 50,31, a^* değeri 2,52, b^* değeri 17,85 olarak bulunmuştur (Bayraklı, 2009). Üretilen balık ununun L^* değeri 40,25 olarak ölçülmüş, bu değer fabrikalardan elde edilen ortalama L^* değerine (50,31) kıyasla daha düşük bulunmuştur. Buda üretilen balık ununun daha koyu bir renge sahip olduğunu göstermektedir. Parlaklık, kullanılan hammadde tazeliği ve işleme koşullarıyla doğrudan ilişkili olabilmektedir. Üretilen balık ununun a^* değeri 3,32 olarak bulunmuş, bu değer fabrikalardaki ortalama değerden (2,52) daha yüksek bulunmuştur. Bu, üretilen balık ununun kırmızılık oranının biraz daha belirgin olduğunu göstermektedir. Bu durum balık ununun işlenme şekli ve oksidasyon süreçleriyle bağlantılı olabilmektedir. Üretilen balık ununun b^* değeri 22,15 iken, fabrikalardan elde edilen balık unlarının ortalama b^* değeri 17,85 olarak bulunmuştur. Bu da üretilen balık ununun sarı tonunun daha belirgin olduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanılan balık türü, yağ içeriği ve üretim parametrelerine bağlı olarak değişebilir. Genel olarak, renk farklılıkları hammadde tazeliği, işleme teknikleri ve bileşim değişikliklerine bağlı olabilmektedir.

Üretilen balık unu mineral madde analizinde fosfor 481,40 mg/kg, azot 10,91 mg/kg, çinko 363,50 mg/kg, kalsiyum 6572 mg/kg olarak bulunmuştur. Fox ve ark. (2004), ringa ve balık artıklarından elde edilen unda kalsiyum ve fosfor miktarlarını tespit etmiş ringa ununda sırasıyla 20400 ve 14200 ppm, balık artık ununda ise sırasıyla 71700 ve 38000 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Balık artıklarından elde edilen unda mineral madde oranın daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Üretilen balık ununun mineral içeriği, özellikle fosfor ve kalsiyum açısından incelenen diğer balık unlarına göre daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni, kullanılan balık türleri, işleme metotları ve hammaddenin tazelik durumu olabilir.

4.3. Hamurda Yapılan Analizlerin Sonuçları

4.3.1. Mikrobiyolojik analizlerin sonuçları

EPS üreten *Lpb. plantarum* suşu ve farklı oranlarda balık unu kullanılarak ekşi hamur ile fermente edilerek üretilen ekmelerde hamur fermentasyonunun çeşitli

aşamalarında (yoğurma sonrası, fermentasyon ortası ve fermentasyon sonu) LAB ve maya miktarları tespit edilmiştir. Bu süreçlerde yapılan mikrobiyolojik analizlerin sonuçları ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları, Çizelge 4.3.'te detaylı olarak sunulmuştur.

Üretilen ekmeklerde ticari mayalı, ekşi mayalı ve ekşi maya ile birlikte *Lpb. plantarum* kullanılarak üretilen ekmekler kontrol ekmeği olup; F1 (%5 balık unu), F2 (%10 balık unu), F3 (%15 balık unu) olarak belirtilen ekmekler aynı miktarda ekşi hamur ve *Lpb. plantarum* kullanılarak üretilen deneme grubu ekmek örneklerini oluşturmaktadır.

Yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre yoğurma sonrasında en yüksek LAB sayısına 6,95 kob/g ile EM+Lp hamuru, fermentasyon sonundan en yüksek LAB sayısına 7,84 kob/g ile EM+Lp hamuru ile ulaşılmış olup yoğurma sonrasında en düşük LAB sayısına 6,75 kob/g ile F1(%5) hamuru, fermentasyon sonunda en düşük LAB sayısına 6,91 kob/g ile F1 (%5) hamurunda ulaşılmıştır. Gündüz ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada seçilmiş LAB suşlarıyla yapılan ekşi hamurların fermentasyon sırasında kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin değerlendirilmesine yönelik yaptıkları araştırmada MRS agarda iki günlük inkübasyon süresi sonunda, tüm ekşi hamurlarda LAB sayısının 9 log cfu/g'nin üzerine çıktığını bildirmişlerdir. Ekşi maya fermentasyonları, günlük yenileme ile 3 gün boyunca 28 °C'de iki kez gerçekleştirildi. Önceden tahmin edilen tüm LAB sayıları arttı ve son yenileme aşamasında 9,17–9,85 kob/g aralığında yer almıştır. Hendek (2014)'in yapmış olduğu çalışmada ise starter LAB' lar ekşi hamura eklendikten ve karıştırıldıktan sonra, başlangıçta yapılan sayımlarda LAB sayısı 6,56 kob/g olarak belirlenmiştir. pH 4,28 seviyesinde olan fermentasyon sürecinin sonunda ise 10-12 saat içinde LAB sayısının 9,76 kob/g seviyesine yükseldiği tespit edilmiştir. Çalışmamızda fermentasyon sonrası deneme ekmek örnekleri için LAB sayıları değerlendirildiğinde balık unu miktarı arttıkça LAB sayısının da arttığı gözlemlenmiş ancak kontrol grubu ekmeklere göre bu artışın daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda kullanılan farklı hamurlar LAB gelişimini etkilemektedir.

Fermentasyon sonrası deneme hamurlarında en yüksek maya sayısı 7,34 kob/g ile ticari mayalı kontrol ekmeğinde elde edilmiş olup balık unu miktarı artmasına bağlı olarak fermentasyon sonlarında deneme hamurlarında maya sayısı giderek azalmıştır. Benzer bir çalışmada seçilmiş LAB suşlarıyla yapılan ekşi hamurların fermentasyon sırasında ve fermente edilmemiş hamurlarda maya sayısı 3 log CFU/g olarak bulunmuştur (Gündüz ve ark., 2022).

Yapılan alışmalar sonucunda fermentasyon süreçleri LAB sayısında bir artışa neden olmuştur. Bu, sürecin LAB gelişimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. LAB artış oranı ve son seviyeleri farklılık göstermektedir. Bunun sebebi farklı başlangıç koşulları, farklı fermentasyon süreleri ve pH farklılıklarından kaynaklanmaktadır.



	Laktik Asit Bakterisi Sayısı (log kob/g)			Maya Sayısı (log kob/g)		
Ekmek Örnekleri	Yoğurma Sonrası	Fermentasyon Ortası	Fermentasyon Sonrası	Yoğurma Sonrası	Fermentasyon Ortası	Fermentasyon Sonrası
Ticari Maya				6,96±0,50 ^a	7,14±0,71 ^a	7,34±0,41 ^a
Ekşi Maya	6,91±0,22 ^a	7,04±0,54 ^b	7,47±0,71 ^b	6,98±0,41 ^a	7,07±0,41 ^a	7,13±0,54 ^a
EM+LP	6,95±1,14 ^a	7,15±0,83 ^a	7,84±0,10 ^a	6,76±0,24 ^b	6,80±0,82 ^b	6,98±0,12 ^b
F1	6,75±0,51 ^c	6,85±0,05 ^d	6,91±0,71 ^d	6,61±0,18 ^c	6,74±0,22 ^c	6,81±0,27 ^b
F2	6,80±0,34 ^b	6,89±0,71 ^d	6,98±0,05 ^c	6,58±0,17 ^c	6,68±0,31 ^c	6,76±0,05 ^c
F3	6,84±0,54 ^b	6,92±0,27 ^c	7,01±0,01 ^c	6,51±1,50 ^d	6,56±0,13 ^d	6,64±0,09 ^d

Çizelge 4.3. Hamur örneklerindeki laktik asit bakterisi ve maya sayımı değerleri (kob/g)

*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemlidir (p<0.01)

4.3.2. Deneme hamurlarında fermentasyon sürecinde pH ve titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler

Ekşi hamur ve balık unu kullanılarak üretilen ekşi hamur ekmeklerinde, EPS üreten *Lpb. plantarum* suşunun etkileri incelenmiştir. Fermentasyon süresince farklı periyotlarda (yoğurma sonrası, fermentasyon ortası ve fermentasyon sonu) pH'ta meydana gelen değişimler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir. Fermentasyon için kullanılan ekşi hamurun pH değeri 4,12, TTA değeri ise %3,69 olarak bulunmuştur.

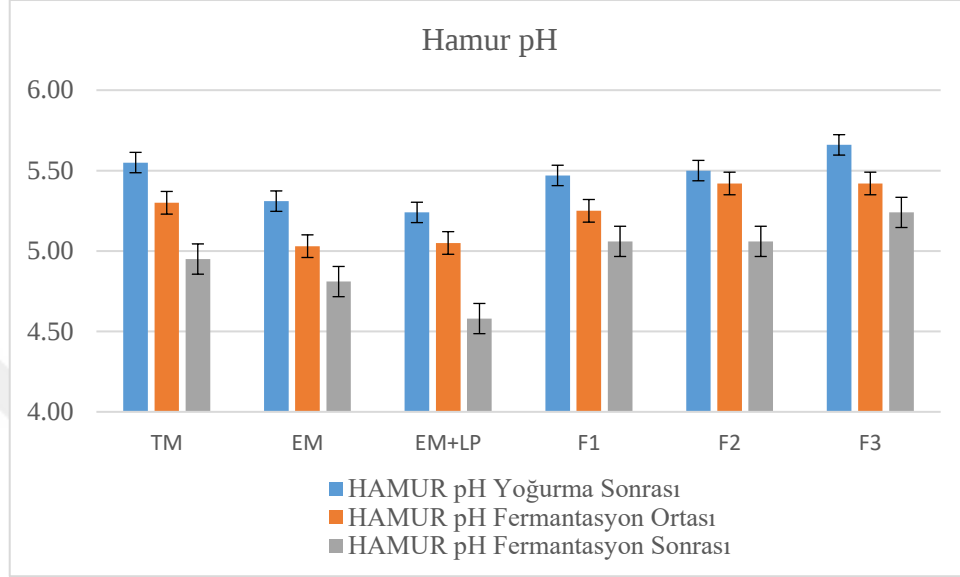
Çizelge 4.4. Hamurda pH analiz sonuçları

Hamur Örnekleri	pH		
	Yoğurma Sonrası	Fermentasyon Ortası	Fermentasyon Sonrası
TM	5,55±0,06 ^b	5,30±0,05 ^b	4,95±0,04 ^b
EM	5,31±0,14 ^d	5,03±0,04 ^d	4,81±0,02 ^c
EM+LP	5,24±0,03 ^e	5,05±0,02 ^d	4,58±0,01 ^d
F1	5,47±0,07 ^c	5,25±0,09 ^c	5,06±0,08 ^b
F2	5,50±0,13 ^b	5,42±0,03 ^a	5,06±0,06 ^b
F3	5,66±0,09 ^a	5,42±0,06 ^a	5,24±0,06 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemlidir ($p<0.01$).

Fermentasyon sonunda pH değerleri 4,58-5,24 aralığında bulunmuştur. Fermentasyon sonrasında en düşük pH 4,58 ile EM+Lp hamur örneği gösterirken en yüksek pH 5,24 ile %15 balık unu katkılı F3 hamurunda bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada spontan fermentasyon ile elde edilen ekşi hamur ekmeklerinde kademeli fereantasyon yöntemi kullanılarak her kademedeki ölçülen pH değerleri sırayla 4,45, 4,32, 4,30 olarak tespit edilmiştir (Hendek, 2014). Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre hamurlara ait pH değeri incelendiğinde; yoğurma sonrasında TM ve F2 kendi aralarında aynı grup oluştururken diğer örnekler kendi aralarında farklı bir grup oluşturmuşlardır. Fermentasyon ortasında F2 ve F3 kendi arasında ve EM ve EM+Lp kendi arasında grup oluştururken fermentasyon sonrasında TM, F1 ve F2 kendi arasında, diğer örnekler kendi aralarında farklı gruplar oluşturmuşlardır.

Balık unu ilaveli hamurların pH değerinin yüksek olmasının sebebi balık unu pH (6,90) değerinin buğday unu pH (6,08) değerine göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.1. Hamur pH değerleri grafiği

Geleneksel fermente ürünlerin ekmek üretiminde kullanıldığı bir çalışmada deneme ekmek örneklerinin üretiminde kullanılan geleneksel fermente içecekler ile ekşi hamurlar hazırlanmış ve starter kültür kullanılarak elde edilen ekşi hamur 28 °C’de inkübatörde 5 gün süren fermente edilmiştir. Bu süreçte pH ve TTA ölçümü yapılmıştır. Standart olarak hazırlanan ve fermente edilmeyen ön hamurda pH değerinin 6,01 ve TTA’nın ise %1,10 olduğu saptanmıştır. Ekşi hamur karışımlarının TTA değerinin yükseldiği ve buna paralel olarak pH değerlerinin zamanla düştüğü görülmüştür. Starter kültür kullanımıyla hamurlarda 5 gün boyunca pH değerleri 6,06-3,82 arasında bulunmuştur. Titrasyon asitliği değerleri ise sırasıyla %1,20-8,20-14,70-16,21- 8,30 olarak bulunmuştur (Yılmaz, 2020).

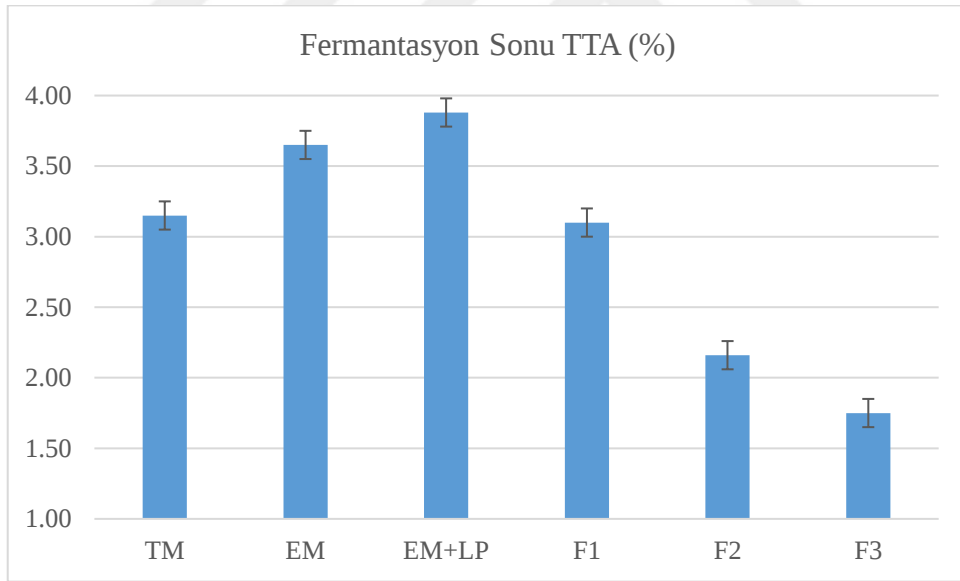
Fermentasyon sonrasında en düşük TTA 1,75 ile F3 hamur örneği gösterirken en yüksek TTA %3,88 ile EM+LP hamurunda bulunmuştur. Hendek (2014) yapmış olduğu çalışmada ise spontan fermentasyon ile elde edilen ekşi hamur ekmeklerinde kademeli fermentasyon yöntemi kullanılarak her kademede ölçülen titrasyon asitliği ise sırayla %8,47-10,17-10,29 olarak bulunmuştur. Starter LAB ilaveli fermentasyonda ise pH, 10 saat sonra 4,50’ nin altına düşmüş TTA değeri %10,56 olarak bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre hamurlara ait TTA değeri incelendiğinde; TM ve F1

kendi aralarında aynı grup oluştururken diğer örnekler kendi aralarında farklı bir grup oluşturmuşlardır. Hamurda titrasyon asitliği ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Hamurda titrasyon asitliği analiz sonuçları

HAMUR ÖRNEKLERİ	Fermentasyon Sonu TTA (%)
TM	3,15±0,06 ^c
EM	3,65±0,01 ^b
EM+LP	3,88±0,02 ^a
F1	3,10±0,09 ^c
F2	2,16±0,06 ^d
F3	1,75±0,39 ^e

*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemlidir (p<0.01).



Şekil 4.2. Fermentasyon sonu hamur TTA değerlerinin grafiği

4.4. Ekmeklerde Yapılan Analizlerin Sonuçları

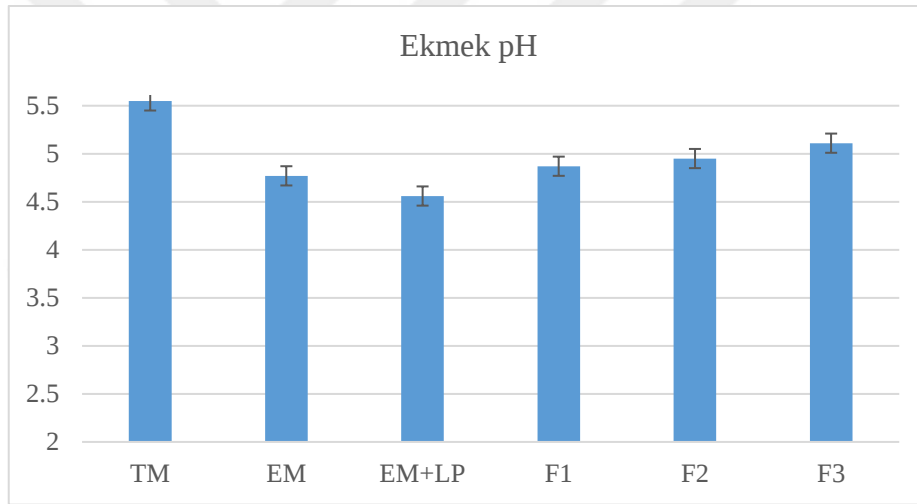
4.4.1. pH değerlerinin belirlenmesi

Ticari maya, ekşi maya, *Lpb. plantarum* suşu ve 3 farklı oranda balık unu kullanımı ile yapılan ekmeklerde pH değişimi ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Ekmek örneklerinin pH analiz sonuçları

EKMEK ÖRNEKLERİ	pH
TM	5,55±0,06 ^a
EM	4,77±0,06 ^e
EM+LP	4,56±0,02 ^f
F1	4,87±0,04 ^d
F2	4,95±0,01 ^c
F3	5,11±0,02 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemlidir (p<0.01).



Şekil 4.3. Ekmek örnekleri pH değerlerinin grafiği

Kontrol grubu ekmeklerde pH değerleri sırayla TM ekmeği 5,55, EM ekmeği 4,77 ve EM+Lp ekmeği 4,56 olarak bulunmuştur. Ekşi maya kullanılarak yapılan ekmeklerde pH değeri ticari maya ekmeğine göre daha düşük bulunmuştur. pH değeri deneme ekmek örneklerinde kendi arasında değerlendirildiğinde hamurda olduğu gibi balık unu oranı arttıkça artmıştır. F1, F2, F3 ekmeklerinde sırayla 4,87-4,95-5,11 olarak bulunmuştur. Em+Lp ekmeğinde pH, *Lpb. plantarum*' un asitlik geliştirici etkisinden dolayı en düşük bulunmuştur. Monteiro ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, tilapia atık ununun %10 veya daha fazla miktarda eklenmesi ile ekmeğin başlangıç pH değerinin arttığını bildirmişlerdir. BTF %5, BTF %10 ve BTF %15 numunelerinin pH değerleri sırasıyla 5,33- 6,04 ve 6,00 olarak tespit edilmiştir. Bu durum, buğday unu ile balık unu arasındaki pH farklılıklarına

bağlanabilir; buğday unu yaklaşık 6,05 pH değerine sahipken (Tamsen ve ark., 2018), balık unu nötralliteye yakın bir pH değeri (7,06) göstermektedir (Senapati ve ark., 2017). Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre ekmeklere ait pH değeri incelendiğinde; tüm örnekler kendi aralarında farklı gruplarda yer almaktadır.

4.4.2. TTA değerlerinin belirlenmesi

Ticari maya, ekşi maya, *Lpb. plantarum* suşu ve 3 farklı oranda balık unu kullanımı ile yapılan ekmeklerin TTA değerlerine ait değişim ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

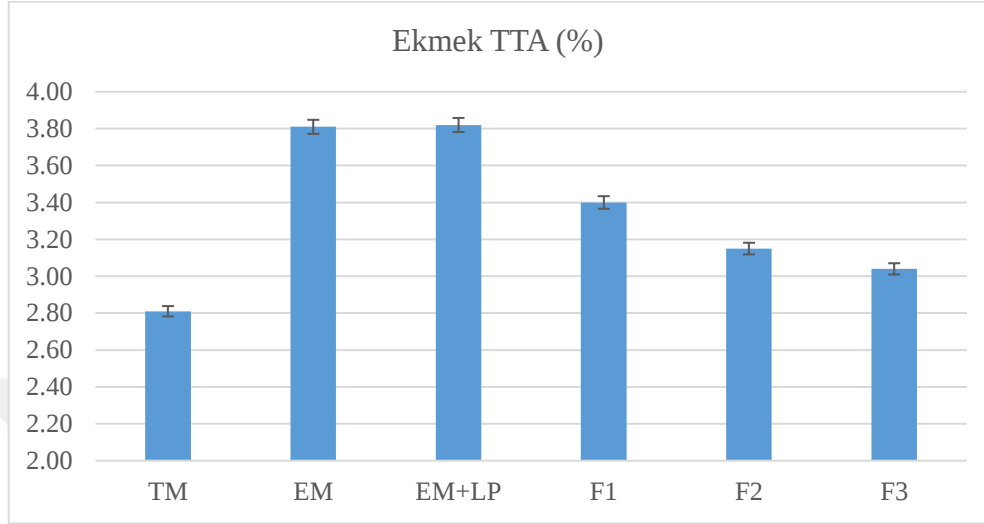
TTA değerleri %2,81-3,82 arasında değişmekte olup en düşük değer %2,81 ticari mayalı kontrol ekmeği iken en yüksek TTA %3,82 ile EM+Lp ekmeği olduğu gözlemlenmiştir. Ekşi maya ile mayalanmış ve *Lpb. plantarum* ilaveli balık unu ile zenginleştirilmiş deneme ekmek örnekleri kendi arasında değerlendirildiğinde balık ununa bağlı olarak pH artmış ve TTA değerlerinde de azalma görülmüştür. Yapılan bir çalışmada farklı bileşenler içeren ekşi mayalı ekmeklerin depolama süresinde toplam titrasyon asitliği değişimleri 1. gün standart ekmekte %3,85, hardaliye ekli ekmekte %8,65, bozalı ekmekte %8,13 olarak bulunmuştur bu ekmeklerde 3. gün TTA değerleri sırayla %3,91-9,11-9,54 olarak bulunmuştur (Yılmaz, 2020).

Çizelge 4.7. Ekmek örnekleri TTA analiz sonuçları (%)

EKMEK ÖRNEKLERİ	TTA (%)
TM	2,81±0,26 ^e
EM	3,81±0,31 ^a
EM+LP	3,82±0,27 ^a
F1	3,40±0,18 ^b
F2	3,15±0,09 ^c
F3	3,04±0,14 ^d

*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemlidir. (p<0.01)

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre ekmeklere ait TTA değeri incelendiğinde; EM ve EM+Lp ekmeği aynı grupta diğer ekmekler farklı gruplarda yer almaktadır.



Şekil 4.4. Ekmek örneklerinin TTA değerlerinin grafiği

4.4.3. Nem, kül ve yağ değerlerinin belirlenmesi

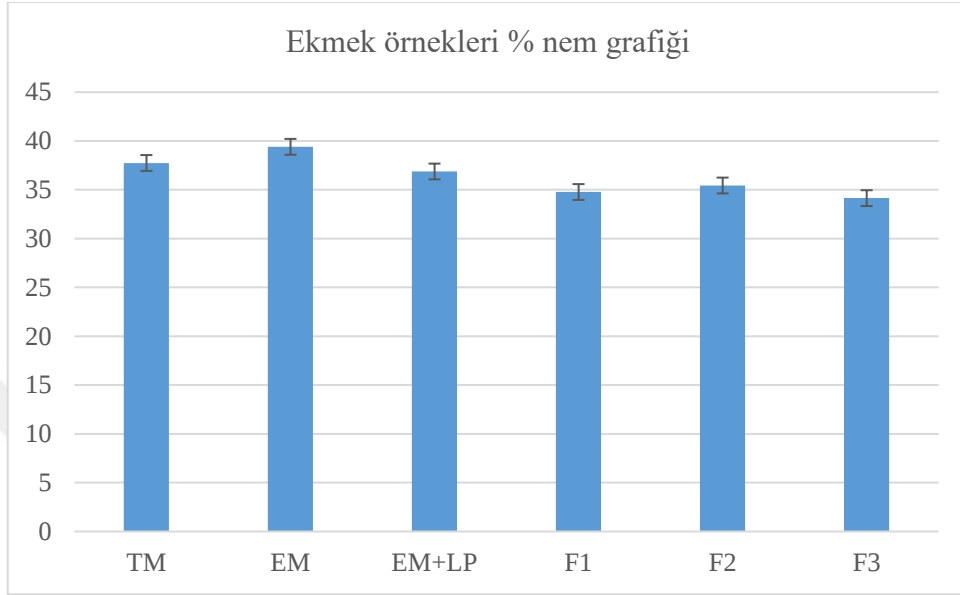
Ticari maya, ekşi maya, *Lpb. plantarum* suşu ve 3 farklı oranda balık unu kullanımı ile yapılan ekmeklerde nem, kül, yağ değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Ekmek örnekleri nem, kül, yağ analiz sonuçları

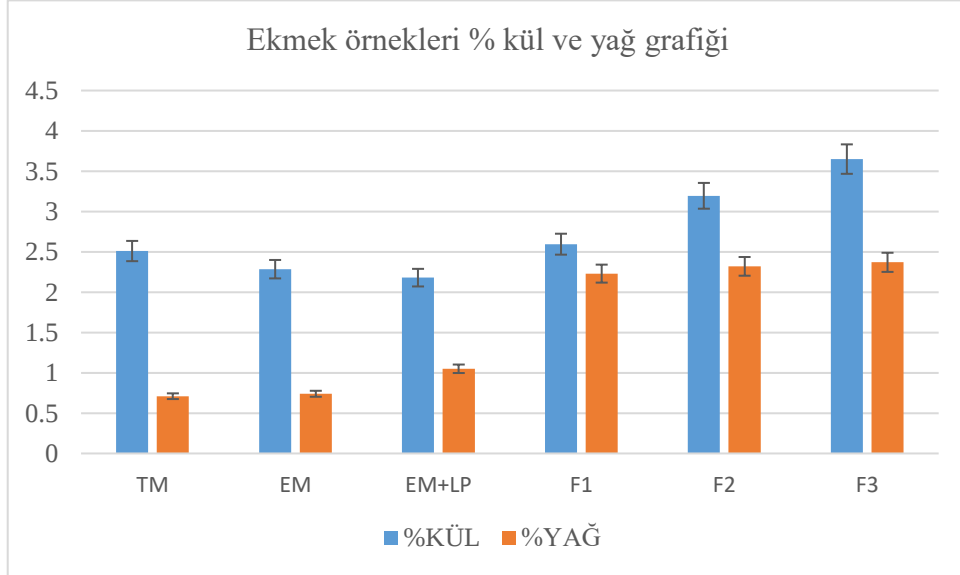
	%NEM	%KÜL	%YAĞ
TM	37,75±0,95 ^b	2,51±0,78 ^d	0,71±0,65 ^e
EM	39,40±0,52 ^a	2,28±0,20 ^e	0,74±0,95 ^e
EM+LP	36,87±0,65 ^c	2,18±0,80 ^f	1,05±0,65 ^d
F1	34,77±0,28 ^e	2,59±0,95 ^c	2,23±0,65 ^c
F2	35,44±0,6 ^d	3,19±0,50 ^b	2,32±0,65 ^b
F3	34,15±0,1 ^e	3,65±0,95 ^a	2,37±0,65 ^a

*Aynı sütundaki küçük harfler ekmek üretiminde kullanılan balık ununun ilave oranlarına göre karşılaştırılmalarını göstermektedir (p<0.05).

En düşük nem değeri F3 ekmeğinin, en düşük kül değeri EM+LP ekmeğinin, en düşük yağ değerinin kontrol ekmeği olan TM ekmeğine ait olduğu tespit edilmiştir. Balık ununun artan ikame miktarıyla kül ve yağ miktarının arttığı ve bu artışların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.5. Ekmek örneklerine ait nem sonuçlarına ait grafiği



Şekil 4.6. Ekmek örneklerine ait kül ve yağ analiz sonuçlarına ait grafiği

Kontrol ekmekleri ile balık ununun farklı oranlarda eklendiği deneme ekmek örneklerinin nem değerlerinin %34,14-39,40 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Monteiro ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada farklı tilapia atık un seviyelerine sahip ekmek

formülasyonlarının (BTF %5, BTF %10, BTF %15) nem içeriği sırayla %42,30, %38,53, %39,03 olarak bulmuşlardır.

Kontrol ekmekleri ile balık ununun farklı oranlarda eklenmesi ile elde edilen deneme ekmeklerinin kül değerleri %2,18-3,65 arasında bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada çörek otu küspesinden elde edilen protein izolatları ile elde edilen kontrol ekmek örneği ile %5, %10 ve %15 miktarlarda protein izolatı eklenen ekmeklerin; kül değerleri %0,67–1,54 arasında, protein değerleri %7,91 12,07 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Uzuner, 2023).

Kontrol ekmekleri ile balık ununun farklı oranlarda eklenen ekmeklerin yağ değerlerinin %0,71-2,37 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Uzuner (2023) yaptığı bir çalışmada çörek otu küspesinden elde edilen protein izolatları ilavesi ile ekmek üretimleri gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak kontrol ekmek örneği ve %5, %10 ve %15 oranında protein izolatı kullandığı ekmeklerin yağ değerlerini %0,27–0,80 aralığında tespit etmiştir.

4.4.4. Protein miktarı değerlerinin belirlenmesi

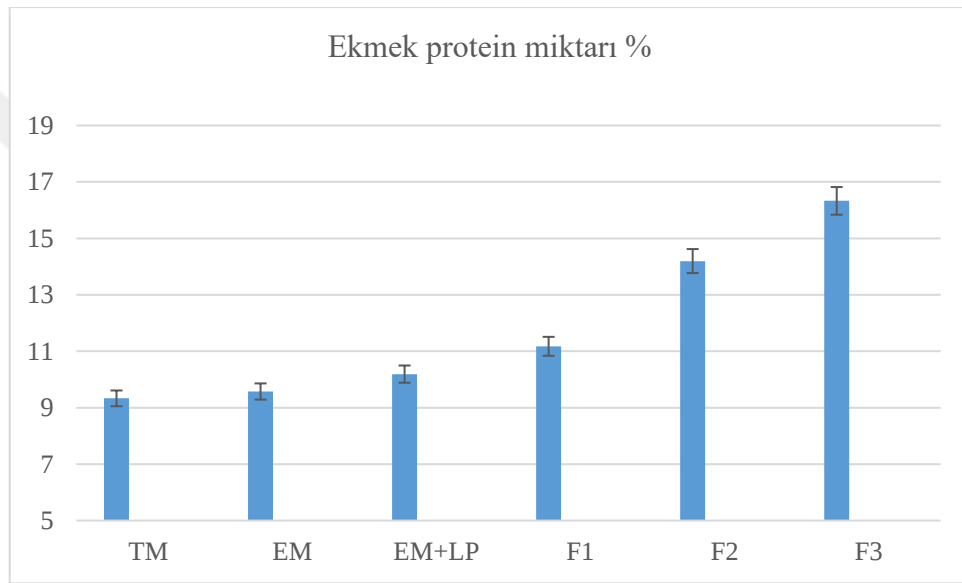
Ticari maya, ekşi maya, *Lpb. plantarum* suşu ve 3 farklı oranda balık unu kullanımı ile yapılan ekmeklerde protein miktarı değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Ekmek örnekleri protein analiz sonuçları

EKMEK ÖRNEKLERİ PROTEİN ANALİZ SONUÇLARI	
ÖRNEKLER	PROTEİN MİKTARI %
TM	9,33±0,02 ^f
EM	9,57±0,37 ^e
EM+LP	10,19±0,85 ^d
F1	11,17±0,48 ^c
F2	14,19±0,66 ^b
F3	16,32±0,47 ^a

*Aynı sütundaki küçük harfler ekmek üretiminde kullanılan balık unu ikame oranlarına göre karşılaştırılmalarını göstermektedir (p<0.05).

Ekmek örneklerinin protein miktarı analizleri TM kontrol ekmeğinden başlayarak deneme ekmek örneklerinde balık unu ilave miktarına göre artış göstermiştir. Protein değerleri %9,331-16,329 aralığında bulunmuştur. Bu artışların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Elde edilen sonuçlar balık türüne göre değişmekle birlikte literatürle benzerlik göstermektedir. Venugopal'a (2005) göre, tahıl proteinlerinin besleyici değeri balık protein tozu (BPT) eklenmesiyle artırılabilir. Örneğin, ekmeklik una %3 oranında BPT eklenmesiyle toplam protein oranının %10,40' tan %12,40' a yükselebileceği ve net protein kullanım değerinin %50'den %67'ye çıkabileceği belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Ekmek örneklerine ait protein miktarı analiz sonuçları grafiği

Adeleke ve Odedeji (2010), tatlı su çipurasından elde edilen (*Tilapia ssp.*) BPT ile zenginleştirilmiş ekmeklerin genel kalite değişimlerini ve kabul edilebilirliğini incelemişlerdir. Çeşitli oranlarda (%0, %5, %10, %15, %20) BPT eklenen ekmek örneklerinde, protein oranlarının %9,08' den %18,01' e yükseldiği belirtilmiş ve katkı oranlarına bağlı olarak, ekmekte özellikle protein miktarında artış gözlenmiştir.

Cercel ve ark. (2016)'nın gerçekleştirdiği çalışmada, ekmek ununa BPT ekleyerek bazı besin maddelerinin oransal değişimlerini ve ekmeğin fiziksel özellikleri ile tüketici beğenisini inceledikleri rapor edilmiştir. BPT katkı oranına bağlı olarak örneklerde (kuru madde temelinde) protein içeriklerinin %99 oranında arttığı tespit edilmiştir.

4.4.5. Ekmeklerin karbonhidrat değeri analiz sonuçları

Ekmek örnekleri toplam karbonhidrat analiz sonuçları ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Balık unu ilave oranlarının artmasıyla birlikte ekmeklerin karbonhidrat değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. En yüksek karbonhidrat değeri 49,70 olarak TM ve EM+LP kontrol ekmeklerinde bulunurken, en düşük değer 43,50 olarak F3 %15 balık unu ilaveli ekmekte tespit edilmiştir. Bastos ve ark. (2014) yaptıkları ekmeklerde una balık unu eklenmesiyle karbonhidrat seviyeleri önemli ölçüde azalmıştır. Balık unu içermeyen standart formülasyon en yüksek karbonhidrat içeriğine sahip olmuştur (562 g kg⁻¹). Balık unu ile daha büyük oranlarda ikame edilmesi ile karbonhidrat içeriği azalmıştır. En yüksek düzeyde balık unu içeren formülasyon en düşük karbonhidrat içeriği (454 g kg⁻¹) ile karakterize edilmiştir. Bu azalmanın muhtemelen balık atıklarının düşük karbonhidrat ve yüksek protein içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Benites ve Souza-Soares, 2011). Bu durum, balık unu miktarındaki artışa bağlı olarak ekmeklerin karbonhidrat içeriğinin azalmasıyla açıklanmaktadır.

Çizelge 4.10. Ekmeklerin karbonhidrat değeri analiz sonuçları

EKMEK ÖRNEKLERİ	TOPLAM KH(g/100)
TM	49,70±0,41 ^a
EM	47,99±0,59 ^b
EM+LP	49,70±0,71 ^a
F1	49,23±0,48 ^a
F2	44,85±0,18 ^c
F3	43,50±0,32 ^d

*Aynı sütundaki küçük harfler ekmek üretiminde kullanılan balık unu ilave oranlarına göre karşılaştırılmalarını göstermektedir (p<0.05)

4.4.6. Deneme ekmeklerinin hacim, ağırlık ve spesifik hacim değerleri

Ekmek örnekleri için Çizelge 4.11’ e bakıldığında hacim değerlerinin 318,33-388,33 cm³, ağırlıklarının 138,59-143,44 g aralığında, spesifik hacim değerinin ise 2,31-2,76 cm³/g arasında değiştiği görülmektedir. En düşük hacim ve spesifik hacim kontrol ekmeği olan EM örneğinde, en yüksek hacim ve spesifik hacim formül ekmek olan F3

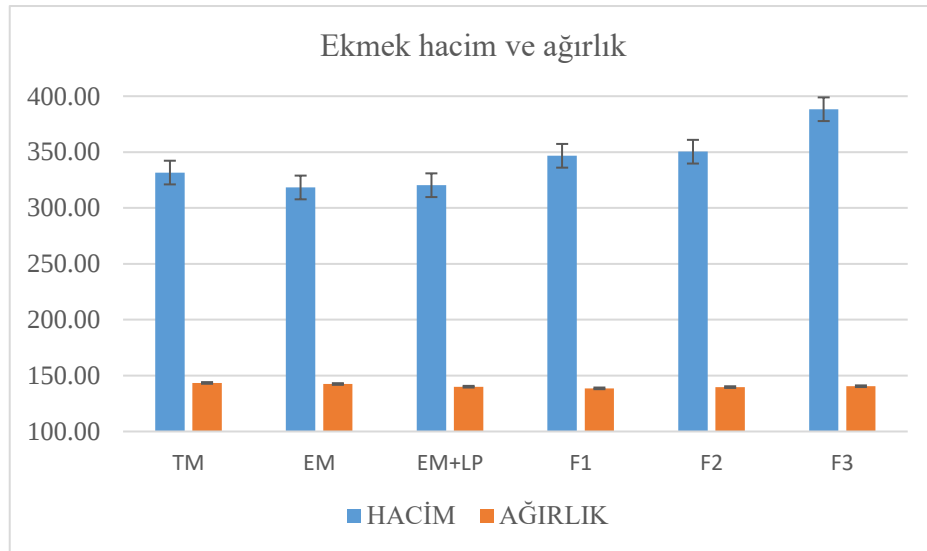
örneğinde gözlemlenmiştir. Balık unu ve *Lpb. plantarum* ilave edilmesi ve balık unu oranının artması ile hacim ve spesifik hacim değerlerinde farklılık gözlenmiş ve bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ekmek yapımında protein miktarı, özellikle gluten içeriği, ekmeğin hacmi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Gluten, hamurun elastikiyetini ve gaz tutma kapasitesini belirleyen temel bileşendir. Balık unu katkısıyla elde edilen yüksek protein oranına sahip bileşim mayalar için besleyici bir ortam sağladığından hamurun daha iyi kabarmasını ve ekmeğin daha büyük hacimli olmasını sağlamıştır.

Çizelge 4.11. Ekmek örnekleri hacim, ağırlık ve spesifik hacim analiz sonuçları

EKMEK ÖRNEKLERİ	HACİM (cm ³)	AĞIRLIK (g)	SPESİFİK HACİM (cm ³ /g)
TM	331,67±0,18 ^d	143,44±0,30 ^a	2,31±0,10 ^c
EM	318,33±0,13 ^f	142,47±0,20 ^b	2,23±0,30 ^d
EM+LP	320,33±0,48 ^e	140,06±0,13 ^c	2,29±0,17 ^c
F1	346,67±0,01 ^c	138,59±0,34 ^d	2,50±0,39 ^b
F2	350,33±0,72 ^b	139,71±0,10 ^d	2,51±0,24 ^b
F3	388,33±0,28 ^a	140,50±0,30 ^c	2,76±0,27 ^a

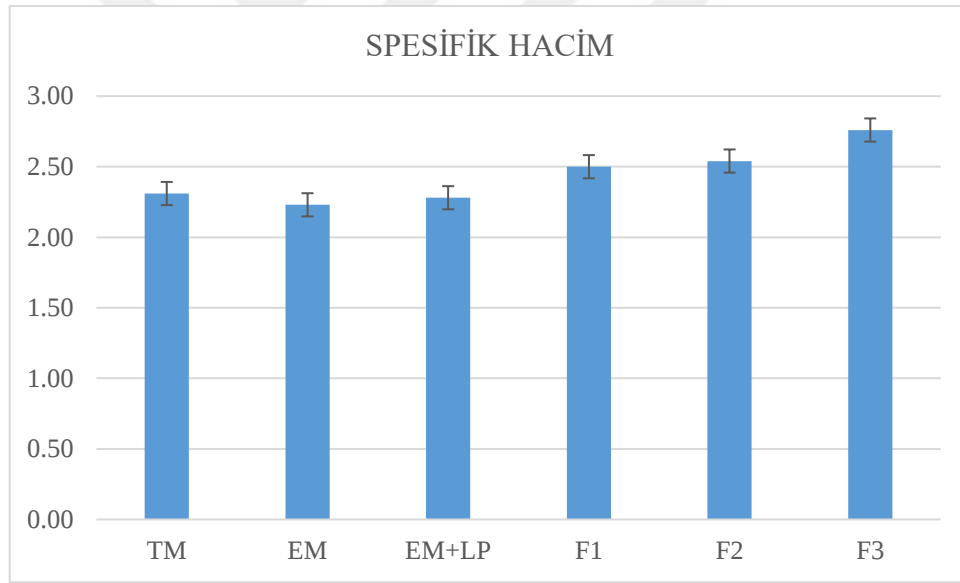
*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.01$)



Şekil 4.8. Ekmek örneklerine ait hacim ve ağırlık değerlerinin grafiği

Yapılan bir çalışmada kefirden izole *Lentilactobacillus kefiri* ve ekşi hamurdan izole *Lpb. plantarum* starter kültürleri ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin spesifik hacimleri 1,77- 2,86 cm³/g arasında bulunmuştur. Üretilen ekmekler içerisinde düşük ekmek ağırlığına ticari mayalı (104,25 g) ekmeği sahip olurken, en yüksek ağırlığı ise ekşi mayalı (123,45 g) ekmeği vermiştir. Ekmek hacimleri ise 198-300 ml aralığında tespit edilmiştir (Söyler, 2023).

Yapılan çalışmalarda hamurun bileşimi ile mayalama yöntemi spesifik hacmi etkileyen önemli faktörlerdendir. Ekmeklerin ağırlıklarına bakıldığında belirgin farklılıklar vardır. Bu farklar, kullanılan mayalama yöntemi, un bileşimi ve yoğurma teknikleri gibi üretim koşullarına bağlı olmaktadır. Ekmek hacimleri çalışmamızda daha yüksek olup bu fark, kullanılan mayalama türüne, hamur dinlendirme süresine, protein miktarındaki artışa veya pişirme tekniğine bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 4.9. Ekmek örneklerine ait spesifik hacim değerlerinin grafiği

4.4.7. Ekmeklerin renk özelliklerinin belirlenmesi

4.4.7.1. Ekmek içi renk analizi

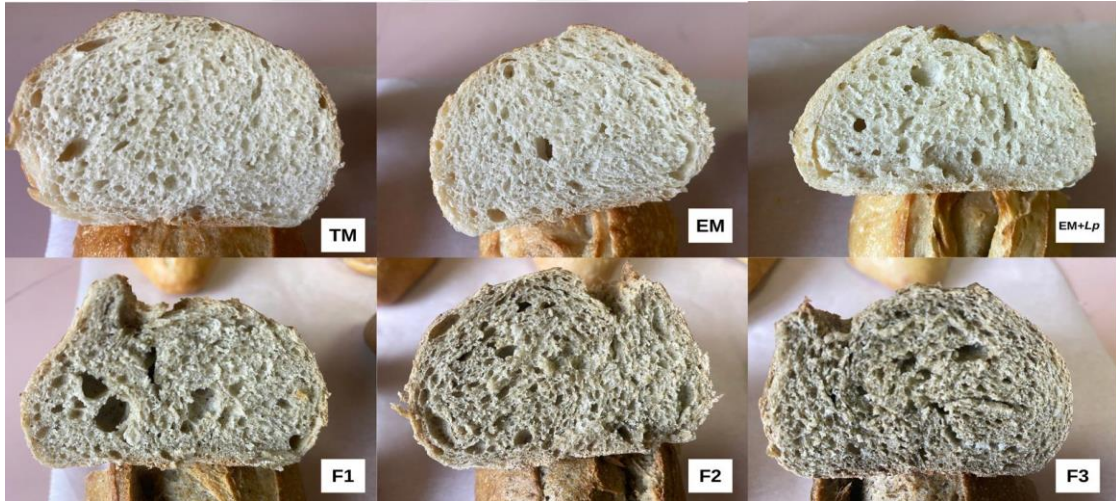
Ekmek örneklerinin iç yapılarına ait renk ölçüm değerleri Çizelge 4.12 'de verilmiştir. Ekmek içi renk analizine göre ekmek içi örneklerinin *L** parlaklık değeri kontrol ekmeği olan TM örneğinde en yüksek düzeyde (69,79) iken %15 balık unu ilaveli F3 ekmeğinde en düşük düzeyde (46,31) bulunmuştur. Kırmızılık parametresi *a** değeri kontrol ekmeği olan TM örneğinde en düşük düzeyde (1,96) iken %10 balık unu ilaveli F2

ekmeğinde en yüksek düzeyde (2,85) bulunmuştur. Sarılık göstergesi b^* değerinin en düşük düzeyde (16,23) %15 balık unu ilaveli F3 ekmeğinde bulunurken en yüksek düzeyde (21,45) kontrol ekmeği olan TM ekmeğinde bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Ekmek içi renk analiz sonuçları

EKMEK ÖRNEKLERİ	EKMEK İÇİ RENK DEĞERLERİ		
	L^*	a^*	b^*
TM	69,79±0,70 ^a	1,96±0,39 ^d	21,45±0,34 ^a
EM	68,76±0,31 ^a	2,01±0,31 ^d	20,80±0,56 ^a
EM+LP	67,63±1,01 ^a	2,68±0,38 ^b	20,45±0,36 ^a
F1	57,09±0,71 ^b	2,54±0,22 ^c	18,35±0,39 ^b
F2	50,87±0,59 ^c	2,85±0,48 ^a	18,17±0,21 ^b
F3	46,31±0,19 ^d	2,84±0,42 ^a	16,23±0,72 ^b

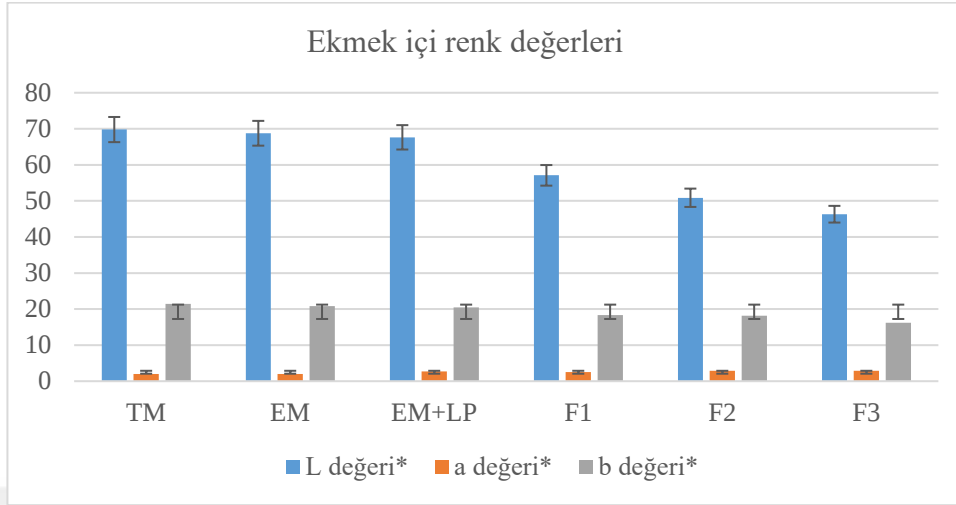
*Aynı sütundaki birbirinden farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.10. Ekmeklerin iç görseli

Yapılan bir çalışmada üretilen tam buğday unu ekmeklerin iç renginin L^* değerleri 50,98 ve 54,62 arasında, a^* değerleri 5,08 ve 6,69 arasında, b^* değerleri ise 13,69 ve 17,03 arasında bulunmuştur (Demir, 2010). Sonuç olarak, ekmek içi renk analizinde bulunan değerlerde kullanılan un türü ve katkı maddelerinin belirgin etkileri gözlemlenmektedir. Balık unu içeren ekmekler daha düşük parlaklığa ve daha az kırmızılığa sahipken, tam buğday unu ekmekleri daha yüksek kırmızılık göstergesine sahip olduğu bulunmuştur.

Sarılık göstergesi tam buğday unu ile yapılan çalışmadaki ekmeklere göre balık unu ilaveli ekmeklerde daha yüksektir.



Şekil 4.11. Ekmek içi renk değerlerinin grafiği

4.4.7.2. Ekmek kabuğu renk analizi

Ekmek örneklerinin kabuk yapılarına ait renk ölçüm değerleri Çizelge 4.13’ de verilmiştir. Ekmek kabuğu parlaklık değeri olan L^* değeri en yüksek düzeyde (61,76) EM+LP kontrol ekmeğinde, en düşük düzeyde (41,20) F3 ekmeğinde tespit edilmiştir. Kırmızılık parametresi a^* değeri en yüksek düzeyde (13,54) TM kontrol ekmeğinde, en düşük düzeyde (5,53) %10 balık unu ilaveli F2 ekmeğinde tespit edilmiştir. Sarılık göstergesi b^* değeri en yüksek düzeyde (32,29) TM kontrol ekmeğinde, en düşük düzeyde ise (18,02) %15 balık unu ilaveli F3 ekmeğinde tespit edilmiştir. Balık unu renk değerlerine ($L^*= 40,25$, $a^*= 3,82$, $b^*=22,15$ bağlı olarak renk parametreleri değişiklik göstermiştir. Yamsaengsung ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada farklı oranlarda su (%52 ve %58) ekleyerek üretmiş oldukları tam buğday unu ekmeklerinin L^* değerlerini sırasıyla 51,99- 56,58, a değerlerini 11,39-14,21 ve b değerlerini ise 25,68-28,99 olarak bulmuşlardır. Sungur (2003)’da katkısız tam buğday unu ekmeklerinin kabuk rengi L^* , a^* ve b^* değerlerinin sırasıyla 53,60, 8,90 ve 27,30 olduğunu bildirmiştir. Sonuç olarak, ekmek kabuğu renk analizinde bulunan değerler incelendiğinde kullanılan un türü, su oranı ve katkı maddelerinin belirgin etkileri gözlemlenmektedir. Özellikle balık unu ilavesinin kırmızılık ve parlaklık değerlerinde değişimlere neden olduğu açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.13. Ekmek kabuğu renk analiz sonuçları

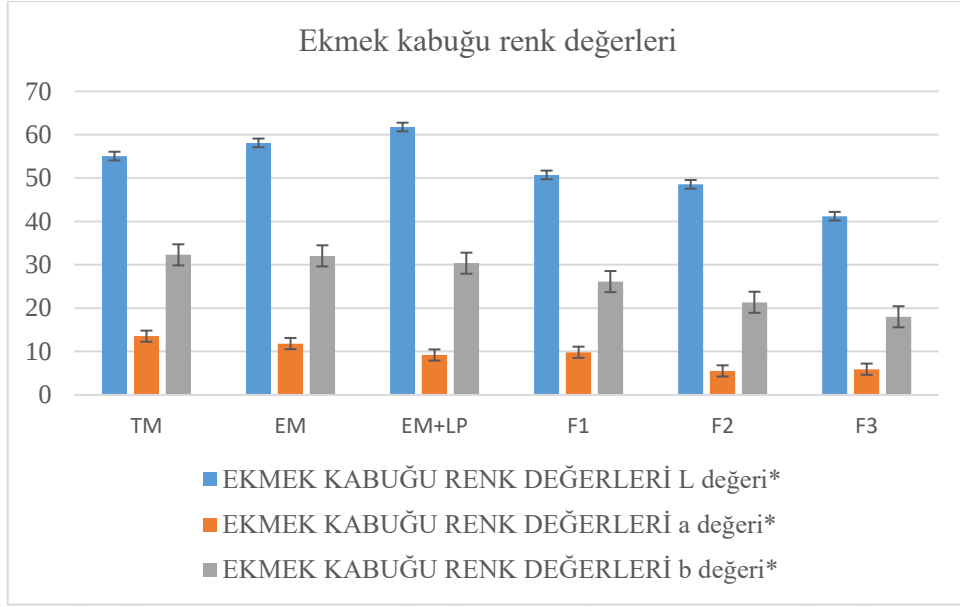
EKMEK ÖRNEKLERİ	EKMEK KABUĞU RENK DEĞERLERİ		
	L^*	a^*	b^*
TM	55,07±0,53 ^c	13,54±0,24 ^a	32,29±0,43 ^a
EM	58,11±0,34 ^b	11,83±0,31 ^a	32,06±0,31 ^a
EM+LP	61,76±0,79 ^a	9,2±0,12 ^a	30,37±0,87 ^a
F1	50,72±0,41 ^d	9,83±0,49 ^a	26,13±0,11 ^b
F2	48,55±0,45 ^d	5,53±0,25 ^b	21,36±0,34 ^c
F3	41,2±0,64 ^e	5,93±0,32 ^b	18,02±0,15 ^d

*Aynı sütundaki birbirinden farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Monteiro ve ekibinin (2018) yaptığı araştırmada, atık ununun açıklık indeksini azaltıp, kırmızılık ve sarılık indekslerini artırdığı ve bunun da ekmek formülasyonlarının kahverengileşmesine yol açtığı bulunmuştur. Bu durum, balık ununun rafine beyaz buğday ununa kıyasla tipik olarak daha koyu bir renk göstermesiyle açıklanabilir. Literatürdeki bazı çalışmalarda balık unu ilavesinin unlu mamullerde bizim sonuçlarımızı destekler şekilde, benzer renk değişikliklerine yol açtığı bildirilmiştir (Monteiro ve ark., 2016; Coker ve ark., 2017).



Şekil 4.12. Ekmeklerin kabuk renginin görseli



Şekil 4.13. Ekmek kabuğu renk değerleri grafiği

4.4.8. Ekmeklerin mineral madde içeriği

Ekmek örneklerine ait mineral madde miktarı kapsamında sonuçlar Çizelge 4.14’te verilmiştir. En yüksek Zn, K, P ve Ca değeri balık unu ilave oranı en fazla olan F3 ekmeğinde görülmüştür. %5, %10 ve %15 oranında balık unu ilaveli ekmekler ile kontrol ekmeği arasında önemli bir değişim meydana gelmiştir. Bastos ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, sırasıyla %4,20, %8,40, %12,60 ve %16,80 karıştırma oranlarında balık fileto artıklarından elde edilen unlardan üretilen buğday ekmeklerinde Zn (18-28 mg/kg), P (1450-3050 mg/kg) ve Ca’nın (140-3500 mg/kg) mineral içeriğinin, %100 buğday ekmeklerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu ekmekler, Zn, P ve Ca değerleri bakımından tutarlıdır.

Bakla ezme tozu farklı oranlarda ekmeklere eklenerek yapılan analizler sonucunda, bu ekmeklerin fosfor (P), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), potasyum (K), çinko (Zn), mangan (Mn) ve demir (Fe) içerikleri incelenmiştir. Fosfor, mangan ve demir içerikleri açısından ekmekler arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Magnezyum ve çinko içerikleri, bakla ezme tozu oranı arttıkça yükselmiştir. En yüksek kalsiyum içeriği, %15 bakla ezme tozu eklenmiş ekmekte görülmüş ve bu değer, diğer oranlarla kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Potasyum içerikleri %15 ekleme oranına kadar ekmekler arasında istatistiksel bir fark göstermezken, %15 oranında ekleme yapıldığında kontrole göre anlamlı bir değişiklik olmuştur. Ayrıca, %15 bakla ezme tozu katkısı ile

ekmeklerin kalsiyum, çinko ve demir miktarlarında kontrol ekmeğine göre sırasıyla %47,59, %103,61 ve %73,29 oranlarında artış sağlanmıştır (Erdemir, 2015).

Çizelge 4.14. Ekmeklerin mineral madde içeriği analiz sonuçları

EKMEK ÖRNEKLERİ	Zn (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	Ca (mg/kg)
TM	17,14 ±0,17 ^e	1070±80 ^d	668,80±10,95 ^f	65±7 ^e
EM	24,45±3,93 ^d	1094±40 ^d	864,20±6,5 ^e	80±5 ^d
EM+LP	18,18±0,53 ^e	1304±6,02 ^c	1458±21 ^d	95±8 ^c
F1	32,82±3,07 ^c	1180±35 ^b	1889±50 ^c	120±4 ^b
F2	45,50±3,40 ^b	1183±73 ^b	2604±9,01 ^b	130±3 ^b
F3	64,29±0,90 ^a	1568±29 ^a	2854±44 ^a	142±7 ^a

*Parametrelerde farklı harfle işaretlenmiş olan ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05)

Ekmeklere balık unu veya farklı protein kaynaklarının ilavesinin mineral içeriğini artırdığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda da ekmeklere eklenen balık unu miktarı arttıkça Zn (Çinko), P (Fosfor) ve Ca (Kalsiyum) seviyeleri yükselmiştir. Bu, balık ununun besin değeri açısından önemli bir katkı sağladığını göstermektedir.

4.4.9. Duyusal analiz sonuçları

Eğitilmemiş panelistlere sunulan ekmekler, renk, koku, gözenek yapısı, tekstür, çiğnenebilirlik ve genel beğeni gibi özellikler açısından değerlendirilmeleri istenmiştir. Bu değerlendirmelerin sonuçları ise Çizelge 4.15' te gösterilmiştir.

Balık unu ilave oranları arttıkça, formül ekmeklerin renk puanları azalmış ve bu azalma kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Koku özelliğinde en yüksek puanlar TM ve EM kontrol ekmeklerine aitken, ikame oranları arttıkça puanlar azalmış ve bu değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Ürünlerin gözenek yapısı özelliğinde en düşük puanı %10 ve %15 balık unu katkılı ekmekler almış ve bu değişiklik diğer katkı oranlarına sahip ekmeklere göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tekstür ve çiğnenebilirlik özelliklerindeki puanlar, katkı içeren ekmeklerde kontrol ekmeklerine göre düşük bulunmuş ve bu düşüşün %15 oranında balık unu

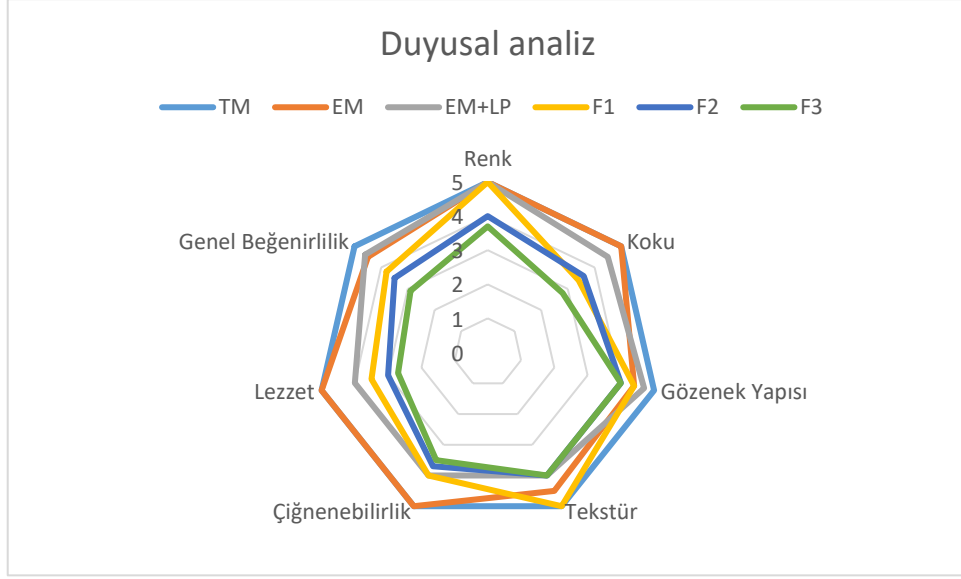
katkılanmış ekmekte istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Lezzet özelliklerinde en yüksek puanı TM ve EM ekmekleri alırken, puanlar arasında tüm örneklerde istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Genel beğeni açısından bakıldığında, kontrol ekmeği en yüksek puanı almış ve ikame oranları arttıkça puanlar düşmüş; %5, %10 ve %15 balık unu ilaveli ekmekler ile diğer kontrol ekmekleri arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Balık ununun %5 oranında kullanılması tercih edilerek daha uygun bulunmuştur.

Bastos ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, sırasıyla %4,2, %8,4, %12,6 ve %16,8 karıştırma oranlarında balık fileto artıklarından elde edilen unlardan üretilen buğday ekmeklerinde ve tam buğday ekmeğinde değerlendirilen tüm duyuşsal nitelikler göz önünde bulundurulduğunda, %4,2 ve %8,4 formülasyonlarına daha fazla tercih gözlemlenmiştir. Satın alma niyeti ve görünüm olarak, tam buğday ekmeği, %4,2 ve %8,4 formülasyonlarındaki ekmekler iyi puanlar almışlardır. Ancak, satın alma niyeti ve görünüm için iyi puanlar almasına rağmen standart formülasyon olan tam buğday ekmeği tüketiciler tarafından genel olarak tercih edilmemiştir. %12,6 ve %16,8 formülasyonları, en çok tercih edilenler arasında olmasa da küresel açıdan hedonik ölçekte "biraz beğendim" veya "orta derecede beğendim"e karşılık gelen 6 ile 7 arasında ortalama puanlar almıştır. Bu nedenle, bu formülasyonlar tüketiciler tarafından da iyi olarak kabul görmüştür.

Çizelge 4.15. Duyusal değerlendirme sonuçları

Ekmek Örnekleri	Renk	Koku	Gözenek Yapısı	Tekstür	Çiğnenebilirlik	Lezzet	Genel Beğenilirlik
TM	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a
EM	5 ^a	5 ^a	4,4 ^a	4,5 ^a	5 ^a	5 ^a	4,5 ^a
EM+LP	5 ^a	4,5 ^a	4,7 ^a	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4,6 ^a
F1	5 ^a	3,4 ^b	4,4 ^a	5 ^a	4 ^b	3,5 ^c	3,8 ^b
F2	4 ^a	3,6 ^b	4 ^b	4 ^b	3,7 ^c	3 ^d	3,5 ^b
F3	3,7 ^b	2,8 ^c	4 ^b	4 ^b	3,5 ^c	2,7 ^d	2,9 ^c

*Parametrelerde farklı harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.14. Panelistlerin duyu analizi değerlendirme sonucu ekmek numunelerinin duyu değerlendirme kriterlerinin grafiği

5. SONUÇ

Bu çalışmada günlük hayatta vazgeçemediğimiz ekmeğin daha fonksiyonel hale getirilmesi amaçlanmış olup, ekşi maya ve balıkçılık atıklarını değerlendirerek EPS üreten *Lpb. plantarum* ile birlikte fermente edilen deneme ekmekleri ile yenilikçi gıdalara bir alternatif oluşturulmuştur.

Çalışmamızda öncelikle balık üretim tesisinden balık işleme sürecinde ortaya çıkan atıkların insan tüketimine uygun forma getirerek balık protein tozu olarak da anılan balık unu elde edilmiş ve değişken miktarlarda ekşi mayalı ekmek üretiminde kullanılarak bir alternatif oluşturulmuştur. Kontrol grubu olarak ticari mayalı (TM), ekşi mayalı (EM), ekşi maya ile birlikte *Lpb. plantarum* (EM+Lp) ekmekleri oluşturmakta olup fonksiyonel ekmek grubunu ise ekşi maya ve *Lpb. plantarum* ile fermente edilen %5 balık unu katkılı F1 ekmeği, %10 balık unu katkılı F2 ekmeği, %15 balık unu katkılı F3 ekmeği oluşturmaktadır. Hamur örneklerinde toplam LAB miktarı ile toplam maya miktarı, pH ve titrasyon asitliği değerleri (TTA) belirlenmiştir. Ekmeklerin ise pH, titrasyon asitliği (TTA), nem, kül, protein, mineral madde, spesifik hacim (ml/g), renk (L^* , a^* , b^*) ve duyu özellikler açısından değerlendirmeleri yapılmıştır.

Araştırma sonucuna göre hamur örneklerine yapılan analizlerde LAB sayısı 6,75-7,84 log kob/g arasında ve maya sayısı 6,51-7,34 log kob/g arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde LAB ve maya sayısının fermentasyon boyunca arttığı gözlemlenmiştir. LAB ve mayaların mikrobiyolojik sayım sonuçları istatistiksel olarak yorumlandığında çok önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$).

Ekmek hamurlarının, fermentasyon süresince pH değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Hamur fermentasyonu sonunda pH değeri 4,50-5,24, titrasyon asitliği (TTA) değeri 1,75-3,88 ml aralığında tespit edilmiştir. Fermentasyon boyunca kontrol grubunda özellikle LAB asit oluşturarak TTA değerini artırmış, dolayısıyla da pH değeri düşmüştür. Deneme ekmek (F1, F2, F3) grubunda pH fermentasyon boyunca düşmüş olmasına rağmen kontrol (TM, EM, EM+Lp) grubuna göre daha yüksek seyretmiştir ve TTA değeri de daha düşük seviyelerde görülmüştür. Deneme hamurlarının pH ve TTA değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Ekmek örneklerinin pH değerleri ise 4,56-5,55 şeklinde saptanmıştır. Ekşi maya ve LAB katkılı üretilen ekmeklerin pH değerleri kontrol (ticari maya) ekmeğinden daha düşük tespit edilmiştir. Ekmeklerin pH değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak çok

önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Üretilen ekmek numunelerinde titrasyon asitliği en düşük TM ve en yüksek EM+Lp ekmeğinde sırasıyla %2,81 ve %3,82 olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan balık unu, LAB ve ekşi hamur katkılı ekmeklerin kontrol ekmeklerinden daha yüksek asitlik değerlerine sahip olduğu karşımıza çıkmaktadır. TTA değerleri istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Ekmeklerin nem içerikleri %34,14-39,40 aralığında, kül içerikleri %2,18-3,65 aralığında, yağ içerikleri 0,71- 2,37 aralığında tespit edilmiştir. Formül ekmeklerinde kül ve yağ değerleri beklenen şekilde artış göstermiştir. Balık insanlar için önemli bir lipit kaynağı olduğundan balık unu eklenmesi toplam yağ miktarında önemli bir artış sağlamıştır. Ayrıca nem miktarı, kül miktarı ve yağ miktarı istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde sırasıyla çok önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Ekmek örneklerinin protein miktarı analizleri TM ekmeğinden başlayarak formül ekmelerinde balık unu ikame miktarına göre artış göstermiştir. Protein miktarı %9,33-16,32 aralığında tespit edilmiştir. Bu artışların istatistiksel olarak önemli derecede olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ekmek, biyolojik değeri yüksek proteinlerden yoksun bir gıdadır, ancak formülasyonların balık unuyla zenginleştirilmesi protein içeriğini artırmıştır. %5 (F1), %10 (F2) ve %15 (F3) balık unu eklenmiş ekmekler mükemmel protein kaynakları olarak kabul edilebilir. Balık atıklarında temel protein içeriğinin, %8 ile %35 arasında değiştiği belirtilmektedir. Dolayısıyla balık proteinlerindeki esansiyel amino asitler ve biyoaktif peptidler, ilaç ve fonksiyonel gıda üretiminde kullanım için büyük bir potansiyele sahiptir .

Buğday ununa kısmi olarak balık unu eklenmesiyle karbonhidrat seviyeleri önemli ölçüde azalmıştır. Azalma balık atıklarındaki düşük karbonhidrat içeriğinden kaynaklanmıştır. En çok balık unu içeren F3 deneme ekmeğinde karbonhidrat içeriği en az olarak bulunmuştur. Karbonhidrat içeriğinde ki azalmaya rağmen tüm formül ekmekler iyi bir karbonhidrat kaynağıdır. FDA'ya göre (FDA 2020) 100 g'lık geleneksel olarak tüketilen referans miktar (RACC) başına günlük değerin (DV) %10-17'sini sağlarlar.

Ekmek örneklerinin spesifik hacimleri 2,23-2,76 cm³/g, ekmek ağırlığı 137,70-143,44 g ve ekmek hacmi 318-388 ml arasında bulunmuştur. Ekmeklerin ağırlık, hacim ve spesifik hacim miktarlarında kullanılan kullanılan unun özellikleri de etkili olmuştur. İstatistiksel olarak ekmekler arasında hacim, spesifik hacim ve ekmek ağırlığının çok önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Ekmeğin rengine ilişkin olarak, ekmek içi renk değerlerinde L^* parlaklık parametresi kontrol ekmekleri arasında yakın değerlere sahipken formül ekmeklerde balık unu miktarı arttıkça azalmıştır. Kırmızı/yeşil koordinatları ölçen a parametresi değeri artış göstermiş olup, sarı/ mavi koordinatları ölçen b parametresi değeri azalmıştır. L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Ekmeğin kabuğuna ilişkin L^* parlaklık parametresi değeri kontrol grubu arasında ekşi maya ve LAB kullanımına bağlı olarak artmış, formül grubunda balık unu miktarı arttıkça azalmıştır. Kırmızı/ yeşil parametresi a^* değeri azalmış, sarı/mavi parametresi b^* değeri de azalmıştır. L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan sırasıyla önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Ekmeğin örneklerindeki değişikliklerin mineraller üzerindeki etkisini tespit edebilmek amacıyla mineral madde miktarı analizi yapılmış ve bu kapsamda örneklerdeki Zn, K, P ve Ca miktarları belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında her mineral maddede farklı ekmeğin örnekleri ön plana çıkmıştır. Yani ekmeğin formülasyonları etkisinin her mineral maddeyi farklı etkilediği ortaya konmuştur.

Duyusal panel değerlendirmesi kapsamında, üretilen ekmeğin örnekleri renk, koku, gözenek yapısı, tekstür, çiğnenebilirlik, lezzet ve genel beğeni kriterlerine göre 1-5 puan aralığında değerlendirilmiştir. Yapılan duyusal analizler sonucunda, genel beğeni açısından en yüksek puanı TM ekmeği alırken, en düşük puan F3 ekmeği almıştır. Deneme ekmeklerine kendi aralarında bakıldığında en yüksek puanı F1 ekmeği almıştır.

Çalışmamız kapsamında EPS üreten *Lpb. plantarum* ile ekşi maya temelli balık unu ile zenginleştirilmiş ekmekler üretilmiştir. Protein ve mineral madde yönünden zengin karbonhidratı azaltılmış günlük diyetimize alınabilir ekmekler elde edilmiştir.

Bu çalışmada günlük hayatta vazgeçemediğimiz ekmeğin daha fonksiyonel hale getirilmesi amaçlanmış olup, ekşi maya ve balıkçılık atıklarını değerlendirerek EPS üreten *Lactiplantibacillus plantarum* ile birlikte fermente edilen hamurlarla üretilen ekmeklerin yenilikçi gıdalara alternatif oluşturulması sağlanmıştır. Bununla birlikte protein ve mineral madde yönünden zengin karbonhidratı azaltılmış günlük diyetimize alınabilir ekmekler elde edilmiştir. Günümüzde zenginleştirilmiş gıdalar veya fonksiyonel ürünler portföyünde kullanım olanağı olarak örnek alınabilir. Çalışmamızda öncelikle balık üretim tesisinden balık işleme sürecinde ortaya çıkan atıkların insan tüketimine uygun forma getirilerek balık unu elde edilmiş ve farklı oranları ekşi mayalı ekmeğin üretiminde kullanılarak bir alternatif

oluşturulmuştur. Kullanılan protein kaynağına bağlı olarak ekmeğin rengi, tadı ve tüketiciler tarafından nasıl karşılanacağı değişiklik gösterebilir. Bu sebeple, EPS üreten LAB kullanımı ve ekşi maya işleme yöntemleri, balık unu katkısının (%5) ekmeklerin besin değerini artırarak geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Balık unu ile zenginleştirilmiş ekmeklerin daha uzun süreli muhafaza testleri yapılarak raf ömrünün iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılabilir. Ayrıca, farklı balık türlerinden elde edilen unlarla ekmek üretimi denenerek besleyici içerikteki değişimler araştırılabilir. Gıda sektörü için fonksiyonel ekmek üretimi konusunda bu yöntemler daha geniş çapta değerlendirilebilir. Özellikle sağlık açısından protein ve mineral açısından zengin gıdalar üreterek tüketici tercihlerine yönelik yeni ekmek çeşitleri geliştirilebilir. Elde edilen ürünlerin tüketici tarafından kabulü araştırılarak piyasaya sunulacak potansiyel ürünlerin pazarlama stratejileri geliştirilebilir. Duyusal analiz sonuçları baz alınarak farklı tat ve doku iyileştirmeleri yapılabilir. Balık unu katkısının protein içeriğini artırıcı etkisi göz önünde bulundurularak farklı oranlarda balık unu içeren ekmeklerin besin emilim özellikleri üzerine çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- AACC, 1999. Metod 44-19.01, Metod 08-01.01. 11th Edition. American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, Minnesota, USA
- AACC. 1999. Method 30-25.01. Approved Methods of Analysis. 11th Edition, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, ABD
- Abdel-Kader, Z. M. (2001). Enrichment of Egyptian 'Balady' bread. Part 2. Nutritional values and biological evaluation of enrichment with decorticated cracked broadbeans flour (*Vicia faba* L.). *Food/Nahrung*, 45(1), 31-34.
- Adeleke, R. O., & Odedeji, J. O. (2010). Acceptability studies on bread fortified with tilapia fish flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(6), 531-534.
- Akgün, F. B., 2007. Ekşi Hamur Tozu Eldesi ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilme Olanakları. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 57 s.
- Anderssen, R. S., Bekes, F., Gras, P. W., Nikolov, A., & Wood, J. T. (2004). Wheat-flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 195-203.
- Anil, M. (2007). Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 61-67.
- Anonim, 2013a. <http://www.unihracati.com/un-fabrikalarinda-un-uretiminde-rutubet-miktari-tayini.html> Erişim tarihi: 10.02.2018
- Anonim, 2013b. Türk Gıda Kodeksi, Buğday Unu Tebliği. Resmî Gazete 02.04.2013-Sayı: 28606.
- Anonim, 2018. <http://turkomp.gov.tr/food-bugday-un-ekmeklik-tip-550-kul-kuru-maddede-0-55-129> Erişim tarihi: 25.03.2019
- AOAC International'ın Resmi Analiz Yöntemi, 21. baskı; AOAC Uluslararası: Arlington, VA, ABD, 2019. [Google Akademik]
- AOAC. 1990. Method 960.52, Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 15th edn., Arlington, VA.
- Arendt, E. K., Ryan, L. A., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food microbiology*, 24(2), 165-174.
- Bakırcı, F., & Köse, E. (2017). Ekşi hamurlardan laktik asit bakterileri ve mayaların izolasyonu ve tanımlanması. *Akademik Gıda*, 15(2), 149-154.
- Bastos, S. C., Tavares, T., de Sousa Gomes Pimenta, M. E., Leal, R., Fabrício, L. F., Pimenta, C. J., ... & Pinheiro, A. C. M. (2014). Fish filleting residues for enrichment of wheat bread: chemical and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2240-2245.

- Bayraklı, B. (2019). Karadeniz’de Hamsi ununa alternatif olarak üretilen Çaça ununun besin bileşenlerinin karşılaştırılması. *Journal Of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(3), 545-550.
- Benites, C. I., & Soares, L. S. (2011). Co-dried fish waste silage meal and rice bran: a viable alternative. *Archivos de zootechnia*, 60(229), 447-450.
- Bigne, F., Puppo, M. C., & Ferrero, C. (2016). Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (*Prosopis* spp.): Effect on breadmaking performance and staling. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 1008-1016.
- Bildstein, M., Lohmann, M., Hennigs, C., Krause, A., & Hilz, H. (2008). An enzyme-based extraction process for the purification and enrichment of vegetable proteins to be applied in bakery products. *European Food Research and Technology*, 228(2), 177-186.
- Bodyfelt, F. W., Tobias, J., & Trout, G. M. (1988). *The sensory evaluation of dairy products* (pp. ix+-598).
- Boyacıoğlu, H., 2010. Küresel ekmek tüketiminde son eğilimler, Doruk Grup Hububat ve Ürünleri Enstitüsü Araştırma Notları.
- Bron, P. A., Van Baarlen, P., & Kleerebezem, M. (2012). Emerging molecular insights into the interaction between probiotics and the host intestinal mucosa. *Nature Reviews Microbiology*, 10(1), 66-78.
- Callejo, M. J., Benavente, E., Ezpeleta, J. I., Laguna, M. J., Carrillo, J. M., & Rodríguez-Quijano, M. (2016). Influence of teff variety and wheat flour strength on breadmaking properties of healthier teff-based breads. *Journal of Cereal Science*, 68, 38-45.
- Cavalcante, R. B. M., Morgano, M. A., Silva, K. J. D. E., Rocha, M. D. M., Araújo, M. A. D. M., & Moreira-Araújo, R. S. D. R. (2016). Cheese bread enriched with biofortified cowpea flour. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(1), 97-103.
- Cercel, F., Burluc, R. M., & Alexe, P. (2016). Nutritional effects of added fish proteins in wheat flour bread. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 244-249.
- Chavan, R. S., & Chavan, S. R. (2011). Sourdough technology—a traditional way for wholesome foods: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(3), 169-182.
- Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C. G., & Katina, K. (2017). Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition. *LWT-Food Science and Technology*, 82, 296-302.
- Coker, O. J., Sobukola, O. P., Sanni, L. O., Bakare, H. A., Kajihaua, O. E., Adebawale, A. R. A., & Tomlins, K. (2017). Q uality attributes of cassava-fish crackers enriched with different flours: A n optimization study by a simplex centroid mixture design. *Journal of food process engineering*, 40(3), e12484.

- Corsetti, A., & Settanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food research international*, 40(5), 539-558.
- Coulter, T., 2016. Food- the chemistry of its components (6th ed., pp. 303-304). Cambridge: Royal Society of Chemistry
- Cozzolino, D., Chree, A., Murray, I., & Scaife, J. R. (2002). The assessment of the chemical composition of fishmeal by near infrared reflectance spectroscopy. *Aquaculture Nutrition*, 8(2), 149-155.
- Çolakoğlu, A. S. (2011). *Bazı katkıların ekmeğin bayatlama mekanizmasına etkilerinin termal yöntemlerle belirlenmesi* (Doctoral dissertation, Ankara Üniversitesi (Turkey)).
- Dalcanton, F.; Carrasco, E.; Pérez-Rodríguez, F.; Posada-Izquierdo, GD; Falcão de Aragão, GM; García-Gimeno, RM Sıcaklık, pH, Sodyum Klorür ve Sodyum Laktat Konsantrasyonlarının *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014'ün Büyüme Hızı Üzerindeki Birleşik Etkilerinin Modellenmesi. *J. Food Qual.*2018, 1726761.
- De Koning, A. J. (2005). Properties of South African fish meal: a review: research in action. *South African Journal of Science*, 101(1), 21-25.
- Demir, M. K. (2010). Bazı fiziksel uygulamaların tam buğday ununun depolama stabilitesi, ekmekçilik kalitesi ve besinsel özelliklerine etkisi üzerine araştırmalar.
- Desai, A., Brennan, M. A., & Brennan, C. S. (2018). The effect of semolina replacement with protein powder from fish (*Pseudophycis bachus*) on the physicochemical characteristics of pasta. *LWT*, 89, 52-57.
- Diniz, F. M., & Martin, A. M. (1996). Use of response surface methodology to describe the combined effects of pH, temperature and E/S ratio on the hydrolysis of dogfish (*Squalus acanthias*) muscle. *International journal of food science & technology*, 31(5), 419-426.
- Dissaraphong, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Kishimura, H. (2006). The influence of storage conditions of tuna viscera before fermentation on the chemical, physical and microbiological changes in fish sauce during fermentation. *Bioresource technology*, 97(16), 2032-2040.
- Duyar, H. A., & Bayraklı, B. (2009). Balık unu kalitesine hammadde (*Hamsi-Engraulis encrasicolus ponticus*) tazeliğinin etkisi.
- Elgün, A., Certel, M., Ertugay, Z., ve Kotancılar, H.G., 1998. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 335, Erzurum, 238s.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., Kotancılar, H.G., 2002. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu, Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82, Erzurum, 245s.

- Elgün, A., Ertugay, Z., Kotancılar, H. G., & Certel, M. (2012). Tahıl Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü Ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu.
- EPA, 1994. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Method 3051
- Erdemir, Z. Ş. (2015). *Isıl işlem görmüş bakla ezme tozunun ekmek yapımında kullanımı ve kalite kriterleri üzerine etkisinin belirlenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- FDA, U. (2020). Daily value on the new nutrition and supplement facts labels. *Food and Drug Administration*. Retrieved from: <https://www.fda.gov/media/135301/download>, 6.
- FDA. Gıda ve İlaç idaresi (2008) Endüstri için rehber: bir gıda etiketleme rehberi. Amerika Birleşik Devletleri
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The state of world fisheries and aquaculture 2020: Sustainability in action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fox, J. M., Lawrence, A. L., & Smith, F. (2004). Development of a fishmeal substitute-feed for growth and survival of *Litopenaeus vannamei*. In *Avances en nutrición acuícola VII. Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola* (Vol. 16, pp. 238-258).
- Föste, M., Nordlohne, S. D., Elgeti, D., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *European Food Research and Technology*, 239, 767-775.
- Gänzle, M., & Ripari, V. (2016). Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality. *International Journal of Food Microbiology*, 239, 19-25.
- Gildberg, A. (2001). Utilisation of male Arctic capelin and Atlantic cod intestines for fish sauce production—evaluation of fermentation conditions. *Bioresource Technology*, 76(2), 119-123.
- Göçmen, D. (2001). Ekşi hamur ve laktik starter kullanımının ekmekte aroma oluşumu üzerine etkileri. *Gıda*, 26(1).
- Guérard, F., Guimas, L., & Binet, A. J. J. O. M. C. B. E. (2002). Production of tuna waste hydrolysates by a commercial neutral protease preparation. *Journal of molecular catalysis B: Enzymatic*, 19, 489-498.
- Gunduz, C. P. B., Agirman, B., Gaglio, R., Franciosi, E., Francesca, N., Settanni, L., & Erten, H. (2022). Evaluation of the variations in chemical and microbiological properties of the sourdoughs produced with selected lactic acid bacteria strains during fermentation. *Food Chemistry: X*, 14, 100357.

- Gül, H., 2007. Mısır ve Buğday Kepeğinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. (Doktora tezi,) ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Adana, 232s.
- Habibi Najafi, M. B., Pourfarzad, A., Zahedi, H., Ahmadian-Kouchaksaraie, Z., & Haddad Khodaparast, M. H. (2016). Development of sourdough fermented date seed for improving the quality and shelf life of flat bread: study with univariate and multivariate analyses. *Journal of food science and technology*, 53, 209-220.
- Halkman, A.K. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti. 358.
- Hendek Ertop, M. (2014). Ekşi hamur formül optimizasyonunun ekmeğin aromatik profili, biyoaktif nitelikleri ve raf ömrü üzerine etkileri.
- Henderson, R. J., & Tocher, D. R. (1987). The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progress in lipid research*, 26(4), 281-347.
- HG, K. (2000). Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Crit Rev Food Sci Nutri*, 40, 43-81.
- <https://israf.org/sayfa/ekmeginizi-israf-etmeyin/518>
- Hu, G., Huang, S., Cao, S., & Ma, Z. (2009). Effect of enrichment with hemicellulose from rice bran on chemical and functional properties of bread. *Food Chemistry*, 115(3), 839-842.
- Idowu, A. T., Igiehon, O. O., Idowu, S., Olatunde, O. O., & Benjakul, S. (2021). Bioactivity potentials and general applications of fish protein hydrolysates. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 27, 109-118.
- Indrani, D., Milind, Sakhare, S. D., Inamdar, A. A., & Venkateswara Rao, G. (2015). Development of protein and fiber enriched breads by supplementation of roller milled fractions of green gram. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 415-422.
- Iwashita, K., Suzuki, K., Miyashita, K., & Okunishi, T. (2011). Effects of rice properties on bread made from cooked rice and wheat flour blend. *Food Science and Technology Research*, 17(2), 121-128.
- Karaağaoğlu, N., Karabudak, E., Yavuz, S., Yüksek, O., Dinçer, D., Tosunbayraktar, G., & Eren, F. H. (2008). Çeşitli ekmeklerin protein, yağ, nem, kül, karbonhidrat ve enerji değerleri. *Gıda*, 33(1), 19-25.
- Kenny, S., Wehrle, K., Stanton, C., & Arendt, E. K. (2000). Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *European food research and technology*, 210, 391-396.
- Kılınç, B. (2003). Balık Sos Teknolojisi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1), 263 – 272.

- Kılınç, B. (2007). Balık Atıklarının Değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 24(3), 315-319.
- Kousoulaki, K., Albrektsen, S., Langmyhr, E., Olsen, H. J., Campbell, P., & Aksnes, A. (2009). The water soluble fraction in fish meal (stickwater) stimulates growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) given high plant protein diets. *Aquaculture*, 289(1-2), 74-83.
- Marti, A., Bock, J. E., Pagani, M. A., Ismail, B., & Seetharaman, K. (2016). Structural characterization of proteins in wheat flour doughs enriched with intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) flour. *Food chemistry*, 194, 994-1002.
- Martin, A. M. (1999). A low-energy process for the conversion of fisheries waste biomass. *Renewable energy*, 16(1-4), 1102-1105.
- Martone, C. B., Borla, O. P., & Sánchez, J. J. (2005). Fishery by-product as a nutrient source for bacteria and archaea growth media. *Bioresource technology*, 96(3), 383-387.
- Menon, L., Majumdar, S. D., & Ravi, U. (2015). Development and analysis of composite flour bread. *Journal of food science and technology*, 52, 4156-4165.
- Meral, R., Yıldız, Ö., & Doğan, İ. S. (2010). Unların reolojik özelliklerinin belirlenmesinde tekstür analiz cihazının kullanımı ve sonuçların ekstensograf değerleri ile karşılaştırılması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 17-24.
- Minervini, F., De Angelis, M., Di Cagno, R., & Gobbetti, M. (2014). Ecological parameters influencing microbial diversity and stability of traditional sourdough. *International journal of food microbiology*, 171, 136-146.
- Moghaddam, H. N., Mesgaran, M. D., Najafabadi, H. J., & Najafabadi, R. J. (2007). Determination of chemical composition, mineral contents, and protein quality of Iranian tilapia fish meal. *International Journal of Poultry Science*, 6(5), 354-361.
- Mohammed, I., Ahmed, A. R., & Senge, B. (2012). Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 36(1), 196-202.
- Mondor, M., Guévremont, E., & Villeneuve, S. (2014). Processing, characterization and bread-making potential of malted yellow peas. *Food Bioscience*, 7, 11-18.
- Monteiro, MLG, Mársico, ET, Soares Junior, MS, Magalhães, AO, Canto, ACVCS, Costa-Lima, BRC, Conte-Junior, CA (2016). Tilapia (*Oreochromis niloticus*) unu ile zenginleştirilmiş makarnanın besin profili ve kimyasal stabilitesi. *PloS bir*, 11(12), 1–17.
- Monteiro, MLG, Marsico, ET, Soares Junior, MS, Deliza, R., de Oliveira, DC ve Conte-Junior, CA (2018). Ekmek için doğal bir besin ikamesi olarak Tilapia atık unu: Tüketici perspektifi. *PloS bir*, 13 (5), e0196665.
- Nagai, T., & Suzuki, N. (2000). Isolation of collagen from fish waste material—skin, bone and fins. *Food chemistry*, 68(3), 277-281.

- Olgunoglu, I. A. (2017). Review on omega-3 (n-3) fatty acids in fish and seafood. *Journal of biology, agriculture and healthcare*, 7(12), 37-45.
- Olgunoglu, M. P., Olgunoglu, I. A., & Göçer, M. (2014). Seasonal variation in major minerals (Ca, P, K, Mg) and proximate composition in flesh of Mesopotamian catfish (*Silurus triostegus* Heckel, 1843) from Turkey. *Annual Research & Review in Biology*, 4(16), 2628-2633.
- Olgunoğlu, İ. (2011). Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus*, Bank&Solender 1794)'Nin Sıcak Tütsüleme Sonrası Aminoasit Ve Organoleptik Kalitesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 15(4), 23-30.
- Osmanoğlu, M. İ. (2016). *Karaca mersin balığı (Acipenser gueldenstaedtii Brandt, 1833) yeminde pelajik balık unu yerine mezgit balığı ununun kullanım olanaklarının araştırılması* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Paramithiotis, S., Gioulatos, S., Tsakalidou, E., & Kalantzopoulos, G. (2006). Interactions between *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria in sourdough. *Process Biochemistry*, 41(12), 2429-2433.
- Park, J. N., Fukumoto, Y., Fujita, E., Tanaka, T., Washio, T., Otsuka, S., ... & Abe, H. (2001). Chemical composition of fish sauces produced in Southeast and East Asian countries. *Journal of food composition and analysis*, 14(2), 113-125.
- Pasqualone, A., Laddomada, B., Centomani, I., Paradiso, V. M., Minervini, D., Caponio, F., & Summo, C. (2017). Bread making aptitude of mixtures of re-milled semolina and selected durum wheat milling by-products. *LWT*, 78, 151-159.
- Plessas, S.; Fisher, A.; Koureta, K.; Psarianos, C.; Nigam, P.; Koutinas, AA *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. ekşi mayalı ekmek yapımı için bulgaricus ve *L. helveticus* . *Gıda Kimyası* **2008** , 106 , 985–990.
- Rahaie, S., Gharibzahedi, S. M. T., Razavi, S. H., & Jafari, S. M. (2014). Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2896-2906.
- Rizzello, C. G., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International journal of food microbiology*, 180, 78-87.
- Schubring, R., & Meyer, C. (2002). Quality factors of terrestrial snail products as affected by the species. *Journal of food science*, 67(8), 3148-3151.
- Senapati, SR, Martin Xavier, KA, Nayak, BB ve Balange, AK (2017). Hint yağ sardalyasından (*Sardinella longiceps*) hazırlanan yenilebilir balık ununun kalite değerlendirmesi. *Gıda İşleme ve Koruma Dergisi* , 41(3), 1–6.
- Shahidi, F., Han, X. Q., & Synowiecki, J. (1995). Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food chemistry*, 53(3), 285-293.

- Shaviklo, A. R., Dehkordi, A. K., & Zangeneh, P. (2014). Interactions and effects of the seasoning mixture containing fish protein powder/omega-3 fish oil on children's liking and stability of extruded corn snacks using a mixture design approach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1097-1105.
- Shin, D. J., Kim, W., & Kim, Y. (2013). Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry*, 141(1), 517-523.
- Sila, A., & Bougatef, A. (2016). Antioxidant peptides from marine by-products: Isolation, identification and application in food systems. A review. *Journal of Functional Foods*, 21, 10-26.
- Söyler, H. (2023). Kefirden İzole Lactilactobacillus Kefiri ve Ekşi Hamurdan İzole Lactiplantibacillus Plantarum Starter Kültürleri İle Ekşi Mayanın Ekmek Üretiminde Kullanılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 39.
- Storebakken, T., Shearer, K. D., Baeverfjord, G., Nielsen, B. G., Åsgård, T., Scott, T., & De Laporte, A. (2000). Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture*, 184(1-2), 115-132.
- Summo, C., Centomani, I., Paradiso, V. M., Caponio, F., & Pasqualone, A. (2016). The effects of the type of cereal on the chemical and textural properties and on the consumer acceptance of pre-cooked, legume-based burgers. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 290-296.
- Sungur, B., (2003), Tam buğday unu ekmeklerinde suda çözünebilir gıamların kullanım olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üni. Fen Bilimleri Ens. Gıda Müh. Ana bilim dalı, 110 sayfa, Ankara.
- Świeca, M., Sęczyk, Ł., Gawlik-Dziki, U., & Dziki, D. (2014). Bread enriched with quinoa leaves–The influence of protein–phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food chemistry*, 162, 54-62.
- Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Aydoğan, S., Taner, S., & Ayrancı, R. (2011). Ekmeklik buğdayda bazı kalite özellikleri ile miksograf parametreleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 6-11.
- Tamime, A.Y., Skriver, A., Nilsson, L.E. (2006). Fermented Milks. İçinde: Starter Cultures. Edited by Dr Adnan Tamime, 11-52.
- Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., & Soltanizadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT*, 91, 580-587.
- TGK (1999). TGK-Buğday Unu Tebliği, (R. Gazete: 17.02.1999/ 23614), (Tebliğ No: 1999 / 1).
- Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V., & Carcea, M. (2017). Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *Lwt*, 78, 361-366.

- UG, Y., Bhat, I., Karunasagar, I., & BS, M. (2019). Antihypertensive activity of fish protein hydrolysates and its peptides. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(15), 2363-2374.
- Uzuner K. (2023). Çörek Otu Küspesinden Protein Eldesi ve Ekmekte Kullanım Olanaklarının Araştırılması Yüksek Lisans Tezi,
- Ünal, S.S., (1991), Hububat Teknolojisi. EÜ, Mühendislik. Fakültesi, Yayınları. No:29, İzmir, 219s.
- Vazquez, J. A., González, M., & Murado, M. A. (2004). Peptones from autohydrolysed fish viscera for nisin and pediocin production. *Journal of Biotechnology*, 112(3), 299-311.
- Venugopal, V. (2005). *Seafood processing: adding value through quick freezing, retortable packaging and cook-chilling*. CRC press.
- Wang, L., Ye, F., Li, S., Wei, F., Chen, J., & Zhao, G. (2017). Wheat flour enriched with oat β -glucan: A study of hydration, rheological and fermentation properties of dough. *Journal of Cereal Science*, 75, 143-150.
- Windsor, M.L., (2001). Fish Protein Concentrate. Torrey Research Station, No:39.
- Xu, D., Yin, Y., Ali, B., Zhang, Y., Guo, L., & Xu, X. (2019). Isolation of yeast strains from Chinese liquor Daqu and its use in the wheat sourdough bread making. *Food Bioscience*, 31, 100443.
- Yamsaengsung, R., Schoenlechner, R. and Berghofer, E., (2010), The effects of chickpea on the functional properties of white and whole wheat bread, *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 610–620.
- Yeşilayer, N., Kaymak, İ. E., Gören, H. M., & Karşı, Z. (2013). Balık yemlerinde balık ununa alternatif bitkisel protein kaynaklarının kullanım olanakları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (4), 12-30.
- Yıldırım, Ö. (2006). Sinop ili balık unu-yağı fabrikalarının mevcut durumu ve Türkiye balık unu-yağı üretimindeki yeri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2, 197-203.
- Yıldız, N. ve Bircan, H., (2003). Araştırma ve Deneme Metotları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. Yayın No:305, Erzurum, S: 266
- Yılmaz, T. (2020). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bazı Geleneksel Fermente Ürünlerin Ekşi Mayalı Ekmek Üretiminde Kullanımı Yüksek Lisans Tezi,19.
- Zhou, Q. C., Tan, B. P., Mai, K. S., & Liu, Y. J. (2004). Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 241(1-4), 441-451.