

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

HAMSI UNU İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN MISIR EKMEĞİNİN
ÖZELLİKLERİ VE RAF ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ

VOLKAN ARİF YILMAZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN

2017

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Volkan Arif YILMAZ tarafından hazırlanan “**Hamsi Unu ile Zenginleştirilen Mısır Ekmeğinin Özellikleri ve Raf Ömrünün Belirlenmesi**” adlı tez çalışması 22/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. İlkey KOCA

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan: Prof. Dr. Mehmet Murat KARAOĞLU
Atatürk Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. İlkey KOCA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Sadettin TURHAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. İsmail SEZER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Üye: Yrd. Doç. Dr. Seçil TÜRKSOY
Hitit Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../20..

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

22/12/2017



Volkan Arif YILMAZ

ÖZET

Doktora Tezi

HAMSI UNU İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN MISIR EKMEĞİNİN ÖZELLİKLERİ VE RAF ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ

Volkan Arif YILMAZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlkay KOCA

Tez çalışmasında, mısır ekmeği temel alınarak; gluten içermeyen, besinsel, tekstürel ve duyuşal özellikleri iyileştirilmiş bir ürün geliştirmek ve üretiminde modern teknikler kullanarak raf ömrünü artırmak amaçlanmıştır. İki aşamadan oluşan çalışmada, birinci aşamada mısır ekmeği; hamsi unu (% 0-10-20-30-40), pazı, pırasa ve kuru soğandan oluşan sebze karışımı (% 0-20), ksantan gam (% 0-1.5) faktörleri ile üretilmiştir. Ekmeklerin çeşitli fiziksel, kimyasal, besleyicilik, tekstürel ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS kullanılarak en iyi formülasyon belirlenmiştir. % 40 hamsi unu, % 20 sebze karışımı ve % 1.5 ksantan gam içeren H40-G1.5 örneği TOPSIS değerlendirmesinden en yüksek puanı almıştır. 100 g H40-G1.5 ekmeği tüketildiğinde, yetişkin bir bireyin günlük ihtiyaçlarından; enerji yaklaşık olarak % 13, protein % 22, yağ % 14, omega-3 yağ asidi % 170, kalsiyum % 15, fosfor % 21, mangan % 18 ve selenyum % 33 oranlarında karşılanabilmektedir. İkinci aşamada ise geliştirilen ürüne kısmen pişirme (par-baked) tekniği uygulanmış ve vakum ambalajlanarak -20 °C’ de 180 gün muhafaza edilmiştir. Örneklerin 30 günlük periyotlarda çeşitli kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerindeki değişimler takip edilmiştir. Kısmen pişirilen ve dondurularak depolanan örneklerin kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal analiz sonuçları depolama süresince (180 gün), peroksit sayısı hariç (90 gün), kabul edilir sınırlar içerisinde bulunmuştur. Sonuç olarak; geliştirilen hamsi unu içeren mısır ekmeği, uygun şartlarda üretildiğinde çölyak hastaları tarafından da tüketilebilecek, zengin besinsel içeriğe sahip, duyuşal kabul edilebilirliği yüksek, tekstürel özellikleri ve raf ömrü iyileştirilmiş, katma değerli bir ürün olmuştur.

Aralık 2017, 207 sayfa

Anahtar Kelimeler: mısır ekmeği, hamsi, çölyak, omega-3, protein, raf ömrü, topsis

ABSTRACT

Doctoral Dissertation

DETERMINATION OF THE PROPERTIES AND SHELF LIFE OF CORN BREAD ENRICHED WITH ANCHOVY FLOUR

Volkan Arif YILMAZ

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlkey KOCA

In the thesis study, it was aimed to develop a gluten free product with improved nutritional, textural and sensorial properties, based on corn bread. It was also aimed to improve shelf life of this product with modern production techniques. In a two-stage study, the first stage was the corn bread production; using anchovy flour (0-10-20-30-40 %), mix of chard, leeks and dry onions (0-20 %), xanthan gum (0-1.5 %) factors. Some physical, chemical, nutritional, textural and sensory properties of bread samples were investigated. The best formulation was determined using TOPSIS from multiple criteria decision making technique. The sample H40-G1.5, containing 40 % anchovy flour, 20 % vegetable mixture and 1.5 % xanthan gum received the highest score from the TOPSIS evaluation. When 100 g of H40-G1.5 is consumed, an adult's daily energy need could be met about 13 %, In terms of nutritional needs, protein 22 %, fat 14 %, omega-3 fatty acid 170 %, calcium 15 %, phosphorus 21 %, manganese 18 % and selenium 33 % can be met. At second stage, partially baked technique was applied to the product and it was vacuum-packed and kept at -20 ° C for 180 days. Changes in some chemical, microbiological and sensory properties of the samples were monitored over a period of 30 days. The results of chemical, microbiological and sensory analysis of partially baked and frozen stored samples remained within acceptable limits during storage (180 days), except peroxide value (90 days). As a result; corn bread enriched with anchovy flour was became a valuable product which can be consumed by celiac patients if it was produced in suitable conditions. Shelf life of the product was also extended with improved nutritional, sensorial, textural properties.

December 2017, 207 pages

Keywords: Corn bread, anchovy, celiac, omega-3, protein, shelf life, topsis

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, akademik hayata adım atmaya beni teşvik eden, bu yolda gereken fedakarlıkları yapmam konusunda bana rehber olan ancak beraber çıktığım bu yolda zamansız olarak aramızdan ayrılan değerli danışmanım Prof. Dr. Ahmet Faik KOCA' ya ithaf edilmiştir.

Lisansüstü eğitimimin başından itibaren beni kendi danışmanlığındaki öğrencilerden ayırmadan destek olan ve doktora tezimin danışmanlığını da üstlenen saygıdeğer hocam Doç. Dr. İlkey KOCA' ya teşekkürlerimi sunarım.

Hayatlarımızın kesiştiği andan itibaren benim diğer yarım olan ve her an sevgisiyle beni güçlendiren, zor günümde derdimi paylaşıp, mutlu günümde sevincimi artıran güzel eşim İrem ALTUNTAŞ YILMAZ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatta sahip olduğum her şeyin hem sebebi hem de anlamı olan canım ailem; Zümrâl, Münip, Zülal, İrem YILMAZ ve Nezahat, Selami ALTUNTAŞ ile tüm akraba ve arkadaşlarıma, iyi ve kötü günümde her zaman yanımda olup bana her konuda sonuna kadar güvendikleri için ne kadar teşekkür etsem azdır.

Tez çalışması boyunca gerek emekleriyle gerek fikirleriyle bana destek olan başta Tez İzleme Komitesi'nde görev yapan Doç. Dr. Sadettin TURHAN ve Doç. Dr. İsmail SEZER olmak üzere tüm hocalarıma ve yakın çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında bana yardım eden ismini sayamayacağım kadar fazla olan ve bu tezin yapılmasında büyük katkıları olan Gıda Mühendisliği Bölümü lisans ve lisansüstü öğrencilerinin hepsine çok teşekkür ederim.

Tez projesinin değerlendirilme, izlenme ve sonuçlandırılma süreçlerinde görev yapan başta Gıda Y. Müh. Esin TOPARLAK olmak üzere tüm Tarımsal Araştırmalar Politikalar ve Genel Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması TC Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Politikalar ve Genel Müdürlüğü tarafından TAGEM-15/AR-GE/45 proje numarası ile desteklenmiştir.

Aralık 2017, Samsun

Volkan Arif YILMAZ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Mısır (<i>Zea mays</i> L.)	3
2.2. Mısır Ekmeği	5
2.3. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>).....	9
2.4. Hamsili Mısır Ekmeği (HME).....	14
2.5. Çölyak Hastalığı (Gluten Enteropatisi)	15
2.6. HME Üretiminde Yapılan İyileştirmeler.....	18
2.6.1 Hamsinin kurutularak un haline getirilmesi.....	18
2.6.2. HME’ nin ekmek özelliklerinin ve duysal özelliklerinin iyileştirilmesi. 19	
2.6.3. HME’ nin Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi ile en uygun formülasyonunun belirlenmesi	20
2.6.4. HME’ nin tüketime sunulma şeklinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. HME Üretimi.....	27
3.2. Hammadde ve HME Örneklerinde Yapılan Analizler	29
3.2.1. Kuru madde analizi.....	29
3.2.2. Kül miktarı analizi	29
3.2.3. Protein miktarı analizi.....	30
3.2.4. Yağ analizi	30
3.2.5. Renk analizi	30
3.2.6. Ekmek hacmi analizi.....	30
3.2.7. Ekmek ağırlığı ve spesifik hacmin belirlenmesi.....	31
3.2.8. Tekstür profili analizi (TPA)	31
3.2.9. Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi	31

3.2.10. Mineral madde analizi	32
3.2.11. Amino asit kompozisyonunun belirlenmesi	32
3.2.12. Duyusal analiz.....	33
3.2.13. Çok kriterli karar verme yöntemi.....	34
3.3. Raf Ömrü Analizleri	34
3.3.1. pH analizi.....	36
3.3.2. TBARS analizi.....	36
3.3.3. TVB-N analizi.....	36
3.3.4. Peroksit analizi.....	37
3.3.5. Serbest yağ asidi (SYA) analizi	37
3.3.6. Mikrobiyolojik analizler	37
3.3.6.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı.....	38
3.3.6.2. Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sayısı.....	38
3.3.6.3. Maya-Küf sayısı	38
3.3.6.4. <i>Staphylococcus aureus</i> sayısı.....	38
3.3.6.5. <i>Enterobacteriaceae</i> spp. sayısı.....	39
3.3.6.6. Koliform bakteri sayısı.....	39
3.3.6.7. <i>Escherichia coli</i> sayısı.....	39
3.3.7. Depolanan örneklerde duysal analiz	39
3.4. İstatistiksel Analiz	40
3.5. Günlük Besinsel İhtiyacı Karşılama Oranı.....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1. Hamsili Mısır Ekmeği Standardizasyonu İçin Yapılan Analizler	41
4.1.1. Hammaddelerde yapılan analizler	41
4.1.1.1. Hammaddelerde kuru madde, kül, yağ ve protein miktarı.....	41
4.1.1.2. Hamsinin bazı kimyasal kalite özellikleri	43
4.1.2. Ekmek örneklerinde yapılan analizler	45
4.1.2.1. Ekmek örneklerinde kuru madde, kül, yağ ve protein miktarı.....	45
4.1.2.2. Ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim sonuçları.....	49
4.1.2.3. Ekmek kabuk ve iç rengi sonuçları	52
4.1.2.4. Ekmek örneklerinin tekstür profili analizi (TPA) sonuçları	58
4.1.2.5. Duyusal analiz sonuçları	64
4.1.3. Yağ asidi profili sonuçları.....	73

4.1.4. Aminoasit profili sonuçları	86
4.1.4.1. Hammaddelerin aminoasit profili	87
4.1.4.2. Ekmek örneklerinin aminoasit profili	90
4.1.5. Mineral madde profili sonuçları	97
4.1.6. TOPSIS analizi sonuçları.....	105
4.2. Hamsili Mısır Ekmeği için Raf Ömrü Analizleri	106
4.2.1. pH sonuçları.....	106
4.2.2. TBARS sonuçları.....	108
4.2.3. TVB-N sonuçları.....	111
4.2.4. Peroksit sonuçları.....	114
4.2.5. Serbest yağ asidi (SYA) sonuçları	117
4.2.6. Mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	120
4.2.6.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sonuçları	121
4.2.6.2. Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sonuçları	125
4.2.6.3. Maya-Küf (MK) sonuçları	130
4.2.6.4. <i>Staphylococcus aureus</i> sonuçları	133
4.2.6.5. <i>Enterobacteriaceae</i> spp. sonuçları	136
4.2.6.6. Koliform bakteri sonuçları	137
4.2.6.7. <i>Escherichia coli</i> sonuçları	139
4.2.7. Depolanan örneklerde duyu analizi sonuçları	139
4.3. HME' nin Günlük Besinsel İhtiyacı Karşılama Oranı	146
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	148
KAYNAKLAR	156
EKLER.....	178
EK 1. Hamsi örneklerinin kurutulması ve un haline getirilmesine ait görseller	179
EK 2. HME üretimine ve örneklerle ait görseller	181
EK 3. Tekstür profili analizine ait görseller	198
EK 4. Yağ asidi metil esteri standartlarına ait kromatogram	201
EK 5. Aminoasit standartlarına ait kromatogram	202
EK 6. Duyusal analiz değerlendirme formu.....	204
EK 7. Depolanan örneklerin duyu analizi değerlendirme formu.....	206
ÖZGEÇMİŞ	207

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

L	Açıklık-koyuluk
a	Kırmızılık-yeşillik
b	Sarılık-mavilik
ΔE	Renk Değişimi
%	Yüzde
meq	Miliekivalen
mg	Miligram
g	Gram
kg	Kilogram
μl	Mikrolitre
μm	Mikrometre
ml	Mililitre
μmol	Mikromol
ppm	Milyonda Bir
ppb	Milyarda Bir
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece
V	Hacim
A	Karar Matrisi
A^{+}	Maksimum Değerler
A^{-}	Minimum Değerler
C_i	İdeal Çözüme Göreli Yakınlık
R	Normalize Edilmiş Karar Matrisi
S_i^{+}	Pozitif İdeal Çözüm
S_i^{-}	Negatif İdeal Çözüm
V	Ağırlıklı Standart Karar Matrisi
p	Olasılık
CaCl_2	Kalsiyum Klorür
CO_2	Karbondiyoksit
HCl	Hidroklorik Asit
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
HNO_3	Nitrik Asit
KOH	Potasyum Hidroksit
MgO	Magnezyum Oksit
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Sodyum Tiyosülfat
O_2	Oksijen
M	Molar
pH	Power of Hydrogen
Fe	Demir
Ca	Kalsiyum
Cu	Bakır
Se	Selenyum
Zn	Çinko
Mn	Manganez
Mg	Magnezyum
P	Fosfor
K	Potasyum

log	Logaritmik
kob	Koloni Oluşturma Birimi
Kcal	Kilo Kalori

KISALTMALAR

AACC	American Association of Cereal Chemists
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AOAC	The Association of Analytical Communities
AOCS	The American Oil Chemists' Society
BHA	Bütillendirilmiş Hidroksi Anisol
CMC	Karboksi Metil Selüloz
ÇDYA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
DRBC	Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar
DYA	Doymuş Yağ Asidi
EDTA	Etilendiamin Tetraasetik Asit
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality English
EPA	Eikosapentaenoik Asit
FAME	Yağ Asidi Metil Esterleri
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi
FID	Alev İyonizasyon Dedektörü
FNB	Gıda ve Beslenme Kurulu
GC	Gaz Kromatografisi
GİKM	Günlük İhtiyacı Karşılayacak Miktar
GİKO	Günlük İhtiyacı Karşılama Oranı
GKE	Genel Kabul Edilebilirlik
H	Hamur
HME	Hamsili Mısır Ekmeği
H0-G0	%0 Hamsi Unu ve %0 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H10-G0	%10 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %0 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H20-G0	%20 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %0 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H30-G0	%30 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %0 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H40-G0	%40 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %0 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H0-G1.5	%0 Hamsi Unu ve %1.5 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H10-G1.5	%10 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %1.5 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H20-G1.5	%20 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %1.5 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H30-G1.5	%30 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %1.5 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
H40-G1.5	%40 Hamsi Unu, %20 Sebze Karışımı ve %1.5 Ksantan Gam İçeren Mısır Ekmeği
HPMS	Hidroksi Propil Metil Selüloz

ICP-MS	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
IOM	Amerikan Tıp Enstitüsü
KM	Kuru Madde
LDPE	Düşük Yoğunluklu Poli Etilen
MDA	Malondialdenit
MK	Maya-Küf
OPA	o-Phthaldialdehyde
PCA	Plant Count Agar
RP-HPLC	Ters Faz Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
SPSS	Statistical Package For The Social Sciences
SYA	Serbest Yağ Asidi
ŞGK	Şeklini Geri Kazanma
TBA	Tiyobarbitürik Asit
TBARS	Thiobarbituric Acid Reactive Substances
TBX	Tryptone Bile X-Glucuronide
TC	Türkiye Cumhuriyeti
TCA	Trikloroasetik Asit
TDYA	Tekli Doymamış Yağ Asidi
TMAB	Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TP	Tam Pişmiş
TPA	Tekstür Profili Analizi
TPAB	Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TVB-N	Toplam Uçucu Bazik Azot
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultraviyole
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YP	Yarı Pişirilmiş
YPD	Yarı Pişirilmiş Dondurulmuş

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Ekmek örneklerinin yağ miktarları	48
Şekil 4.2. Ekmek örneklerinin protein miktarları.....	49
Şekil 4.3. Ekmek kabuk renginin ΔE değerleri.....	56
Şekil 4.4. Ekmeğin iç kısmındaki ΔE değerleri	58
Şekil 4.5. Ekmek örneklerinin sertlik değerleri	60
Şekil 4.6. Ekmek örneklerinin genel kabul edilebilirlik puanları	72
Şekil 4.7. Ekmek örneklerinin DYA, TDYA ve ÇDYA miktarları	82
Şekil 4.8. Ekmek örneklerindeki omega-3 ve omega-6 yağ asidi içerikleri	85
Şekil 4.9. Ekmek örneklerinin lizin aminoasidi içerikleri.....	96
Şekil 4.10. Ekmek örneklerinin esansiyel aminoasit içerikleri	96
Şekil 4.11. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince pH değerleri	107
Şekil 4.12. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TBARS değerleri	109
Şekil 4.13. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TVB-N değerleri	112
Şekil 4.14. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince peroksit sayıları.....	115
Şekil 4.15. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince SYA değerleri	118
Şekil 4.16. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında TMAB sayıları.....	122
Şekil 4.17. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TMAB sayıları	124
Şekil 4.18. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında TPAB sayıları	126
Şekil 4.19. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TPAB sayıları.....	128
Şekil 4.20. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında MK sayıları	130
Şekil 4.21. Ekmek örneklerinin depolama süresince şekil-simetri puanları	139
Şekil 4.22. Ekmek örneklerinin depolama süresince kabuk rengi puanları	140
Şekil 4.23. Ekmek örneklerinin depolama süresince iç rengi puanları	141
Şekil 4.24. Ekmek örneklerinin depolama süresince koku puanları	142
Şekil 4.25. Ekmek örneklerinin depolama süresince tekstür puanları	143
Şekil 4.26. Ekmek örneklerinin depolama süresince tat puanları	144

Şekil 4.27. Ekmeklerin depolama süresince genel kabul edilebilirlik puanları	145
Şekil EK 1.1. Taze hamsi filetoları	179
Şekil EK 1.2. Kurutulmuş hamsi filetoları.....	179
Şekil EK 1.3. Hamsi unu-1	180
Şekil EK 1.4. Hamsi unu-2	180
Şekil EK 2.1. Hamsi unu içermeyen ekmek karışımı	181
Şekil EK 2.2. Hamsi unu ve sebze içeren karışım	181
Şekil EK 2.3. Ekmek yoğurma.....	182
Şekil EK 2.4. Fermantasyondan sonraki H0-G0 hamuru.....	183
Şekil EK 2.5. Fermantasyondan sonraki H0-G1.5 hamuru.....	183
Şekil EK 2.6. Fermantasyondan sonraki H10-G0 hamuru.....	184
Şekil EK 2.7. Fermantasyondan sonraki H10-G1.5 hamuru.....	184
Şekil EK 2.8. Fermantasyondan sonraki H20-G0 hamuru.....	185
Şekil EK 2.9. Fermantasyondan sonraki H20-G1.5 hamuru.....	185
Şekil EK 2.10. Fermantasyondan sonraki H30-G0 hamuru.....	186
Şekil EK 2.11. Fermantasyondan sonraki H30-G1.5 hamuru.....	186
Şekil EK 2.12. Fermantasyondan sonraki H40-G0 hamuru.....	187
Şekil EK 2.13. Fermantasyondan sonraki H40-G1.5 hamuru.....	187
Şekil EK 2.14. H0-G0 ekmeği (üstten)	188
Şekil EK 2.15. H0-G0 ekmeği (yandan)	188
Şekil EK 2.16. H0-G1.5 ekmeği (üstten)	189
Şekil EK 2.17. H0-G1.5 ekmeği (yandan)	189
Şekil EK 2.18. H10-G0 ekmeği (üstten)	190
Şekil EK 2.19. H10-G0 ekmeği (yandan)	190
Şekil EK 2.20. H10-G1.5 ekmeği (üstten)	191
Şekil EK 2.21. H10-G1.5 ekmeği (yandan)	191
Şekil EK 2.22. H20-G0 ekmeği (üstten)	192

Şekil EK 2.23. H20-G0 ekmeği (yandan)	192
Şekil EK 2.24. H20-G1.5 ekmeği (üstten)	193
Şekil EK 2.25. H20-G1.5 ekmeği (yandan)	193
Şekil EK 2.26. H30-G0 ekmeği (üstten)	194
Şekil EK 2.27. H30-G0 ekmeği (yandan)	194
Şekil EK 2.28. H30-G1.5 ekmeği (üstten)	195
Şekil EK 2.29. H30-G1.5 ekmeği (yandan)	195
Şekil EK 2.30. H40-G0 ekmeği (üstten)	196
Şekil EK 2.31. H40-G0 ekmeği (yandan)	196
Şekil EK 2.32. H40-G1.5 ekmeği (üstten)	197
Şekil EK 2.33. H40-G1.5 ekmeği (yandan)	197
Şekil EK 3.1. Tekstür profili analizi-1	198
Şekil EK 3.2. Tekstür profili analizi-2	199
Şekil EK 3.3. Tekstür profili analizi grafiği.....	200
Şekil EK 4.1. Yağ asidi metil esterleri standartlarına ait kromatogram.....	201
Şekil EK 5.1. Aminoasit standartlarına ait kromatogram	202
Şekil EK 5.2. Triptofan aminoasidi standartına ait kromatogram	203

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Mısır tanesinin kimyasal özellikleri	4
Çizelge 3.1. Hamsili mısır ekmeği üretimine ait deneme deseni	27
Çizelge 3.2. TOPSIS değerlendirme parametreleri ve katsayıları	34
Çizelge 3.3. Raf ömrü analiz programı	35
Çizelge 4.1. Hammaddelerin kuru madde, kül, yağ ve protein miktarları	41
Çizelge 4.2. Hamsi filetosunun bazı kimyasal kalite özellikleri	43
Çizelge 4.3. Ekmek örneklerine ait kuru madde, kül, yağ ve protein miktarları	46
Çizelge 4.4. Ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri	50
Çizelge 4.5. Ekmek kabuk ve iç rengi değerleri	53
Çizelge 4.6. Tekstür profili analizi.....	59
Çizelge 4.7. Duyusal analiz sonuçları	65
Çizelge 4.8. Yağ asidi profili analizi (%).....	74
Çizelge 4.9. Hammadde ve örneklerin DYA, TYA, ÇDYA, ÇDYA/DYA, omega-3, omega-6 ve omega-3/omega-6 oranları	81
Çizelge 4.10. Hammaddelerin aminoasit profili (µmol/g)	88
Çizelge 4.11. Ekmek örneklerinde aminoasit profili	91
Çizelge 4.12. Hammadde ve ekmek örneklerinin mineral madde miktarları	98
Çizelge 4.13. TOPSIS analizi örneklerin ideal çözüme yakınlık değerleri (C_i^*)	105
Çizelge 4.14. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince MK sayıları (log kob/g)	132
Çizelge 4.15. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında <i>S. aureus</i> sayıları	134
Çizelge 4.16. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince <i>S. aureus</i> sayıları (log kob/g).....	135
Çizelge 4.17. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında <i>Enterobacteriaceae</i> spp. sayıları	136
Çizelge 4.18. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında koliform bakteri sayıları	138
Çizelge 4.19. 100 g H40-G.15 ekmeğinin günlük besin ve enerji ihtiyaçlarını karşılama oranları.....	147

Çizelge EK 6.1. Duyusal analiz değerlendirme formu	204
Çizelge EK 7.1. Depolanan örneklerin duyusal analiz değerlendirme formu.....	206



1. GİRİŞ

Dünyadaki eski medeniyetlerin önemli bir kısmı Türkiye sınırları içinde ve yakınında yer alan Anadolu ve Mezopotamya topraklarında kurulmuştur. Dolayısıyla ülkemiz jeopolitik konumu, coğrafi özellikleri ve kültürel zenginliklerinin etkisiyle gıda çeşitliliği açısından çok zengindir. Tarihten gelen bağıyla birlikte ülkemiz çok sayıda geleneksel gıdaya ev sahipliği yapmaktadır.

Günümüzde, standartlaşan sanayi ürünlerinin yerine geleneksel ve yöresel ürünlere olan ilgi giderek artmaktadır. Tüm dünyada, bu ilgiye paralel olarak bilimsel çalışmalar da hız kazanmaktadır. Geleneksel ve yöresel gıdaların sahip olduğu belirli bir bölgeye ait hammaddeler ve/veya üretim ile muhafaza teknikleri bu ürünleri gıda sanayi ürünlerinden farklı kılmaktadır. Bu ürünlerin günümüz standartlarındaki gıda güvenliği zinciri ve yasal mevzuatlara uygunluk içerisinde üretim ve muhafazası insan sağlığı açısından son derece önemlidir. Hem bu ürünlerin üretim tekniği ile farklılıklarını, hem de besinsel özelliklerini ve raf ömrünü ortaya koymak için pek çok bilimsel çalışma yapılmaktadır. Ayrıca tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu tür ürünler coğrafi işaret ve/veya patent başvuruları ile tescillenmektedir. Bilindiği gibi coğrafi işaret, belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleri itibariyle kökenin bulunduğu bir yöre, alan, bölge veya ülke ile özdeşleşmiş bir ürünü gösteren işaretlerdir (Anonim, 2017a). Bu işaretler, ayırt edici özelliği ile ön plana çıkan ve bulunduğu bölge ile özdeşleşen doğal ürünler, tarım, maden ve el sanatları ile sanayi ürünlerine verilmektedir. Coğrafi işaretler, geleneksel bilginin bir ürün gibi şekillendirildiği, paketlenildiği, alındığı ve satıldığı bir boyuttadır. Ürünün kalitesi, geleneksel üretim metodu ve coğrafi kaynağı arasında kurulan sıkı bağı simgeleyen bir güvencedir (Anonim, 2017b).

Karadeniz Bölgesi ülkemizde doğal güzelliklerinin yanı sıra zengin yöresel mutfağıyla da bilinmektedir. Bölgede yetiştirilen pazı, kara lahana gibi çeşitli sebzeler ve kaldırayak (*Trachystemon orientalis* L. G. Don), kırçan (*Smilax excelsa* L.) gibi yöresel bitkilerin yanı sıra, mısır, mısır unu ve deniz mahsulleri bölgenin yöresel mutfağının ana unsurlarıdır.

Karadeniz Bölgesi' nin coğrafi ve iklimsel özelliklerinden dolayı buğday tarımı pek yapılamadığı için, eskiden beri bölge şartlarında yetiştirmeye daha uygun olan mısır temel tahıl olarak kullanılmıştır. Mısır ve mısır unu kullanılarak üretilen pek çok yöresel ürün mevcuttur. Bu ürünlerin bir kısmı ülkemizin her yöresinde tanınmakta ve beğenilerek tüketilmektedir. Mısır unundan yapılan mısır ekmeği ve muhlama (kuymak) en sık yapılan ve tanınanıdır. Dünyada tarımı en çok yapılan (Anonymous, 2017a), ülkemizde de tahıllar içerisinde üretim miktarı açısından 3. sırada bulunan (Anonim, 2017c) mısır hammadde ve yardımcı madde olarak pek çok sektörde kullanılmaktadır. Mısırın en önemli özelliklerinden birisi de gluten içermediği için çölyak hastalığı olanlar tarafından kullanılabilir olmasıdır.

Ülkemizde deniz mahsulü denilince ilk akla gelen ve Karadeniz Bölgesi' nin yöresel mutfağının temelini oluşturan hamsidir. Çorbasından tatlısına varana kadar onlarca çeşit hamsili yemek, bölge insanı tarafından sıklıkla yapılmakta ve sevilerek tüketilmektedir. Hamsinin de aralarında bulunduğu yağlı balıkların, sahip olduğu üstün besleyici özellikler ve sağlığı koruyucu bileşenler nedeniyle haftada en az iki kez tüketilmesi Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından önerilmektedir (Anonymous, 2011a).

Mısır unu ve hamsi ile birlikte yöresel olarak yaygın tüketilen sebzelerin de kullanıldığı, "hamsikoli" yöresel ismi ile bilenen özel bir ekmek çeşidi olan hamsili mısır ekmeği özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi' nde yapılmaktadır. Önemli bir karbonhidrat kaynağı olan mısır ile protein, yağ, esansiyel aminoasitler, mineral maddeler ve omega-3 yağ asitlerince oldukça zengin olan hamsinin birlikte kullanımı ile oldukça besleyici bir ekmek üretilmektedir. Bu ürün gluten içermediği için çölyak hastaları tarafından da rahatlıkla tüketilebilmektedir.

Bu çalışmada, besleyici yönden oldukça zengin bir ürün olan hamsili mısır ekmeği üretimini modern teknikler ile geliştirip, kimyasal ve tekstürel özellikler açısından standardize etmek amaçlanmıştır. Ayrıca çölyak hastaları tarafından da rahatlıkla tüketilebilecek ve modern muhafaza teknikleri ile her mevsim ulaşılabilecek bir ürün geliştirmek hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Mısır (*Zea mays* L.)

Karadeniz Bölgesi'nde yöresel ürünlerde ve günlük diyetle sıklıkla kullanılan mısır (*Zea mays* L.); buğdaygiller (Gramineae) familyasından, tek yıllık, genellikle nemli iklim bölgelerinde yetiştirilebilen ve birim alanda en fazla kuru madde üreten bir bitkidir (İnceer, 2011). İlk olarak Amerika kıtasında doğal olarak yetiştiği, zaman içerisinde yerli halk tarafından selekte edilip önemli bir besin maddesi haline getirildiği ve Amerika'nın keşfinden sonra, önce İspanya'ya, ardından Afrika ve Asya'ya yayıldığı bildirilmiştir (Özcan, 2009). Günümüzde, Dünya üzerinde buğday ve çeltikten sonra tahıllar arasında ekiliş alanları açısından üçüncü sırada, miktar olarak ise birinci sırada yer almaktadır (Özata ve Kapar, 2014). FAO verilerine göre 2014 yılında 1 milyar 38 milyon ton ile üretimi en fazla yapılan tahıldır. Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Brezilya, Arjantin ve Ukrayna mısır üretiminde ilk beşi oluşturmaktadır (Anonymous, 2017a). Atıdışı, sert, unlu, cin ve tatlı mısır olmak üzere genel olarak beş sınıfa ayrılan mısır, yüksek besin değeri ile ana ve yan ürünlerinin geniş kullanım alanına sahip olmasından dolayı "geleceğin tahılı" olarak kabul edilmektedir (Altinel, 2002). Mısır, insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmasının yanı sıra, gıda sanayinin yağ, nişasta, glikoz şurubu, kahvaltılık gevrekler, atıştırılabilir ürünler ve çerezler gibi çeşitli alanlar ile biyo-etanol üretimi gibi çok geniş bir kullanım alanına da sahiptir (Özata ve Kapar, 2014). Dünya mısır üretiminin yaklaşık % 60'ının hayvan yemi, % 20'sinin doğrudan tüketim, % 10'unun işlenmiş gıda ve % 10'unun ise diğer tüketimler ile tohumluk olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir (Özcan, 2009). Coğrafi konum olarak Türkiye bulunduğu bölgede mısır üreticisi ülkelerin başında gelmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2016 yılı verilerine göre, Türkiye'de mısır, 6.4 milyon ton ile ekim ve üretim bakımından buğday ve arpadan sonra üçüncü sırayı almaktadır (Anonim, 2017c). Türkiye'de mısır, deniz seviyesinden 1500 m yüksekliğe kadar olan ve yağışı 250-2500 mm arasında değişen alanlarda daha çok Akdeniz, Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgelerinde yetiştirilmekte ve üretimin % 80'den fazlasını at dışı mısır (*Zea mays indentata* L.) oluşturmaktadır (İnceer, 2011).

Mısır tanesi diğer tahıl tanelerine göre daha büyük olup, bin tane ağırlığı 150-600 g arasındadır. Mısır tanesi başlıca dört farklı kısımdan meydana gelir; kavuz

(hull) ya da kepek (perikarp ve meyve kabuğu) (% 5-6), embriyo (% 10-14), endosperm (% 80-85) ve taneyi sapa bağlayan kısım (tip cap) (% 0.8-1) (İnceer, 2011). Mısır, kendine has olan aroması ile lezzetli, kolay sindirebilen, önemli bir karbonhidrat, yağ ve dolayısıyla enerji kaynağıdır. Mısırdaki ortalama % 72 oranında bulunan nişasta (Çizelge 2.1) çok büyük oranda endospermde depolanmaktadır. Endosperm mısır tanesinin enerji deposu olup % 90 oranında nişasta ve % 7 oranında protein içermektedir (Özcan, 2009).

Çizelge 2.1. Mısır tanesinin kimyasal özellikleri (Özcan, 2009; İnceer, 2011; Anonymous, 2017b)

Bileşenler*	Miktarı (%)
Su (tanede)	7 – 23
Nişasta	61 – 78
Protein	6 – 12
Yağ	3.1 – 5.7
Kül	1.1 – 3.9
Pentozanlar	5.8 – 6.6
Lif	7.3–10.9
Selüloz + Lignin	3.3–4.3
Şekerler (glikoz)	0.6–3.0
Toplam Karotenler (mg/kg)	12.0–36.0

*Kurumaddede

Mısırdaki yaklaşık olarak % 4-5 civarında yağ bulunmakta olup yağın % 85' lik kısmı embriyoda yer almaktadır (Özcan, 2009). Mısır yağı, çoklu doymamış linoleik asitçe zengindir (Altinel, 2002). Bu nedenle, mısır, yağ ve elzem yağ asitleri içeriğiyle insan ve hayvan beslenmesinde çok önemli bir kaynaktır. Un haline getirilen mısırdaki ise embriyo ayrıldığı için yağ içeriği büyük oranda düşüş gösterir ve yağ miktarı açısından yeterli bir kaynak olmaktan uzaklaşır.

Mısır, çeşide bağlı olarak % 6 ile % 12 arasında proteine sahiptir. Proteinin miktarı kadar protein kalitesi de beslenme açısından önemlidir. Özellikle esansiyel aminoasitlerin belirli bir düzeyde olması protein kalitesi açısından arzu edilmektedir (Anonymous, 2011b). Mısırdaki bulunan proteinler özellikle lizin ve triptofan gibi esansiyel aminoasitler yönünden yetersiz düzeydedir (Waliszewski vd, 2004; Savtekin, 2014).

Mısır ve ürünleri tüketiciler tarafından oldukça beğenilen gıdalar arasında bulunmaktadır. ABD' de 128 Tip 1 diyabet hastası genç arasında yapılan bir

Çalışmada, tam tahıl ve bakliyat ürünlerinin kabul edilebilirliğı araştırılmıştır (Gellar vd, 2009). Gençlerin % 85’ inin mısır ekmeğini denediğı ve beğendiğı, % 11’ lik kısmının ise denemeyi istediğı belirlenmiştir. Bu oran çalışmada sorgulanan, aralarında tam buğday ekmeğı, yulaf keki, müsli, tam buğday makarnası, arpa, haşlanmış fasulye, mercimek orbası, humus gibi gıdalarında olduğı 27 tam tahıl, tam tahıl ürünü, bakliyat ve bakliyat ürünleri arasında en yüksek puanı alan gıda olmuştur.

Mısır ununun işlenebilirliğini artırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan biri Curic vd (2009) mısır ununun ekstrüde olarak üretim parametrelerinin optimizasyonunu araştırdığı çalışmadır. Araştırmacılar faktör olarak sıcaklık (111-159 °C), nem miktarı (% 12.1-24.77) ve dişli hızı (160-460 rpm) almıştır. Son ürünlerin nem miktarı, genişleme indeksi, kütle yoğunluğu, suda çözünebilme indeksi, su absorpsiyon indeksi ve viskozite gibi özelliklerini de parametre olarak seçmişlerdir. Optimum ekstrüzyon koşullarının 145 °C, % 21.21 nem ve 263.5 rpm dişli hızı olduğı, bu koşullarda üretilen ekstrüde mısır ununun makine duvarlarına yapışmadığı, su absorpsiyon indeksinin ve viskozitesinin arttığı, suda çözünebilme indeksinin de düşerek ekmek üretiminde kullanılabilirliğinin artırıldığını bildirmişlerdir.

2.2. Mısır Ekmeğı

Mısır ekmeğı; mısır unundan, tercihe göre unun normal veya genellikle fırınlanarak aroma kazandırılmış halde kullanılmasıyla hazırlanan, Karadeniz Bölgesi’ nin önemli geleneksel ürünlerinden biridir. Kendine has tat ve yapısıyla özellikle bu bölgede yaygın olarak tüketilmektedir. Dünyada ise İtalya, Fransa, Almanya ve İngiltere’ de mısır unu ile özel ekmekler yapılmaktadır (Daglioglu ve Tasan, 2003). Ülkemizde üretim şekli ve içindekiler çok fazla çeşitlilik gösterse de, genel olarak mısır unu ve suyun bir miktar tuz ve tercihe göre maya ile karıştırılıp mayalanmasının ardından geleneksel olarak pileki denilen düz ocaktaşında odun ateşinde, günümüzde ise tavada veya fırında pişirilmesi ile elde edilen bir ekmek çeşididir. Mısır ekmeğı mısır unundan yapıldığı için önemli bir karbonhidrat ve enerji kaynağıdır. Ancak daha önce de ifade edildiğı gibi mısır unu lizin, triptofan gibi esansiyel aminoasitler, yağ, omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri ve demir, fosfor, kalsiyum gibi minerallerce zengin değildir (Hambidge vd, 2005; Hager vd, 2012; Savtekin, 2014).

Mısır ekmeği konusunda literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Pasqualone vd, 2004; Edema vd, 2005; Edema, 2011; Hager ve Arendt, 2013; Falade vd, 2014; Nkhabutlane vd, 2014). Bu çalışmaların önemli kısmı yabancı kaynaklara aittir. Ülkemizin pek çok yerinde bilinen bir ekmek çeşidi olmasına rağmen mısır ekmeği ile ilgili yerli bilimsel çalışmalar oldukça sınırlıdır. Mısır ekmeğinin üretim teknikleri, besin içeriği, fiziksel, tekstürel, mikrobiyolojik ve duysal özellikleri konusunda yapılan bu çalışmaların bir kısmı burada özetlenmiştir.

Bazı Türk ekmeklerinin besleyicilik açısından önemli nişasta fraksiyonlarının araştırıldığı bir çalışmada, kepekli (% 8), avdar unlu (% 26) ve mısır unlu (% 23) ekmekler karşılaştırılmıştır (Tas ve El, 2000). Mısır unlu ekmeğin toplam nişasta miktarının (% 70.5) diğer ekmeklerden düşük olduğu belirlenmiştir. Hızlı sindirilebilen nişasta miktarı (% 65.9) avdar unlu ekmekten daha düşük bulunmuştur. Yavaş sindirilebilen nişasta miktarı (% 2.4) tüm ekmek örneklerinde benzer bulunmuştur. Dirençli nişasta miktarı (% 2.2) avdar ekmeği ile benzer, ancak kepekli ekmekten düşük belirlenmiştir. Nişasta sindirilebilirlik oranı (% 93.4) avdar ekmeği ile benzer, kepekli ekmekten yüksek bulunmuştur. Hızlı ulaşılabilen glukoz (hızlı sindirilebilen nişasta + serbest glukoz) oranı (% 73.5) ise diğer ekmeklerden düşük bulunmuştur.

Mayalı ve mayasız mısır ekmeklerinin yağ asidi ve trans yağ asidi içeriklerinin incelendiği bir çalışmada, fermentasyona bağlı olarak örneklerin yağ asidi ve trans yağ asidi içeriklerinde önemli bir fark olmadığı bildirilmiştir. Yağ asidi kompozisyonunun ise pişirme işleminden bir miktar etkilendiği bildirilmiştir. Mısır ekmeğinin fermente olsun ya da olmasın yüksek doymamış yağ asidi içeriğine ve iz miktarda trans yağ asidine sahip olduğu için güvenli bir gıda olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir (Daglioglu ve Tasan, 2003).

Arnavutlukta geleneksel olarak buğdaydan üretilen beyaz ve kahverengi ekmek ile avdar, nohut ve mısır ekmeklerinin çeşitli özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, mısır ekmeklerinin yağ, toplam pigment ve nem miktarlarının diğer ekmek çeşitlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Mısır ekmeğinin yüksek nem içeriği nedeniyle (% 40), küflenme riskine daha açık olduğu ve dolayısı ile daha kısa raf ömrüne sahip olduğu ifade edilmiştir (Pasqualone vd, 2004).

Lisin ve triptofan miktarının mısır için protein kalitesini kısıtlayıcı olduğu bilinmektedir. Mısır ekmeği üretiminde beyaz mısır unu ile lisin ve triptofan miktarları iki katına çıkarılmış mısır unu örneklerinin kullanıldığı bir çalışmada, aminoasit miktarları artırılmış unun daha yumuşak bir endosperme sahip olduğu için un veriminin daha düşük olduğu belirtilmiştir. Zein içeriğinin düşük olmasından dolayı depolama sırasında böcek zararına daha açık hale geldiği de bildirilmiştir. Ayrıca mayalamada *S. cerevisiae*'nin kabarma ve viskozite özelliklerinde önemli olduğu, *L. plantarum*'un ise ekşi aroma üzerinde önemli olduğu bildirilmiştir (Edema vd, 2005).

Sağlıklı beslenme için demir ve çinko gibi mineral maddelerin belirli bir miktarda vücuda alınması gerekmektedir. Ancak, çinko ve demirin fitatlar yüzünden vücut tarafından kullanımının engellenmemesi için fitat/çinko oranının 15, fitat/demir oranının ise 1' in altında olması gerekmektedir (Hurrell, 2004). Yapılan bir araştırmada, mayasız mısır ekmeğinin fitat/çinko oranı 26, fitat/demir oranı ise 5.4 olarak bulunmuştur (Abebe vd, 2007). Bu değerler, demir ve çinko içeriği zenginleştirilmediği zaman mısır ekmeğinin bu mineraller açısından yetersiz olduğunu göstermektedir.

Aida vd (2008), Orta ve Güney Amerika' da tüketilen bir ekmek çeşidi olan arepa ekmeğinin mısır unu ve beta glukan ile üretilmesinin sağlıklı bireylerin metabolizması üzerine etkilerini araştırmışlardır. 14 genç denekte yapılan çalışmada yemek sonrası insülin seviyesindeki artışın buğday unundan yapılan ekmekte % 70.1 seviyesinde olduğu, mısır unundan yapılan ekmekte bu artışın % 51.8 olduğu, beta glukan ve mısır unu ile yapılan arepa ekmeğinde ise sadece % 16 oranında artış olduğunu göstermiştir. Çalışma sonunda mısır unu ve beta glukanın insülin seviyesinin kontrolünde kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Filipovic vd (2009), ekstrüde edilmiş mısırı ekmek üretiminde kullanmışlardır. Ekstrüde mısırın normal mısır ununa kıyasla ekmeğin reolojik parametrelerinde olumsuzluğa neden olduğu, bu durumun katkı maddeleri ile bir miktar giderilebildiği bildirilmiştir. Ekstrüde un kullanılarak ekmek örneklerinin bayatlamasının önemli ölçüde geciktirildiği ancak ekmek hacminin % 15-40 oranında düşmesine sebep olduğu ifade edilmiştir.

Portekiz’ in geleneksel bir ekmek çeşidi olan “broa” ekmeğinin yapım tekniği ile farklı mısır unları kullanılarak yapılan bir çalışmada, yerel mısır unlarından yapılan ekmeklerin hibrit mısır unlarına göre viskozite ve amiloz içeriklerinin düşük, ancak protein oranlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu teknik ile üretilen glutensiz ekmeklerin geleneksel ekmeğe kıyasla duyuşal ve görsel açıdan tatmin edici olduğu, dolayısıyla glutensiz ekmek üretimi için uygun olabileceği belirtilmiştir (Brites vd, 2010).

Mısır ekmeğinin yapısını iyileştirmek için yapılan işlemlerden; prejelatinizasyon işlemi uygulanan mısır unlarından elde edilen ekmeklerin viskozitesinde ve kıvamında artış olduğu ve işleme karakteristiğinin iyileştiği bildirilmiştir (Brites vd, 2010).

Numanoglu vd (2010), Karadeniz Bölgesi’nden toplanan 18 farklı mısırın ve 2 farklı mısır ununun deoksinivalenol, zearalenon, fumonisinler, T-2 ve HT-2 den oluşan Fusarium toksin içeriklerini ve bu mısırlardan yapılan geleneksel mısır ekmeklerinin toksin düzeylerini incelemiştir. Mısır örneklerinin % 30’ unda Avrupa Birliği tarafından belirlenen limitlerden fazla düzeyde toksin bulunduğu ve ekmek üretimi neticesinde deoksinivalenol, zearalenon, fumonisin düzeylerinde önemli bir değişiklik olmadığı bildirilmiştir.

Ekşi hamur yöntemi ile üretilen mısır ekmeklerinde farklı starter kültürler kullanımının ekmek kalitesi ve kabul edilebilirliği üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, *L. mesenteroides*’ in iyi hamur özellikleri, *L. plantarum*’ un asitlik gelişimi, *L. brevis*’ in ise aroma gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu için, bu kültürlerin birlikte kullanılmasının daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir. Bu şekilde üretilen ekmeğin duyuşal olarak kabul edilirliliğinin yüksek olduğu ve glutensiz ekmek üretiminde tercih edilebileceği bildirilmiştir (Edema, 2011).

de la Hera vd (2013), farklı partikül iriliğinde mısır unlarına farklı oranlarda su ilave ederek ürettikleri glutensiz ekmeklerin özelliklerini incelemiştir. Un partikülleri küçüldükçe fermantasyon süresince hamur gelişiminin daha geç olduğu belirlenmiştir. Un partikülleri irileştikçe veya hamurdaki su oranı arttıkça örneklerin spesifik ekmek hacmi artış göstermiştir. Spesifik hacmi yüksek olan ekmeklerin sertlik ve esneklik değerlerinde ise düşüş gözlemlendiği bildirilmiştir.

Hidroksipropilmetilselüloz (HPMS) ve ksantan gam kullanımının çeşitli tahıl ekmeklerinde spesifik ekmek hacmi ve ekmek kabuk özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, HPMS kullanımının mısır ekmeğinin spesifik hacminde artışa, kabuk sertliğinde ise düşüşe neden olduğu kaydedilmiştir. Ksantan gam kullanımının ise spesifik hacimde ve kabuk sertliğinde düşüşe neden olduğu bildirilmiştir (Hager ve Arendt, 2013).

Yapılan bir çalışmada *L. plantarum* kullanılarak üretilen mısır ekmeklerinde, nişasta granüllerinin yapısının değiştirilerek hamurun daha yapışkan, yumuşak ve fermentasyon sırasında daha iyi gaz tutabilme özelliklerine sahip olduğu saptanmıştır. Bu sayede *L. plantarum* kullanılarak üretilen ekmeklerin hacminin % 25-26 oranında arttığı belirlenmiştir (Falade vd, 2014).

Mısır ekmeklerinin buğday ekmeğine göre daha düşük hacimde, kabuğu kalın, özellikle daha ekşi, daha yoğun fermente aromalı, tekstürel olarak da daha kuru, yoğun, lifli ve kırılgan olduğu bildirilmiştir (Nkhabutlane vd, 2014). Ayrıca ekmeklerdeki yapısal olumsuzlukları gidermek için çeşitli gamların ilave edilmesi veya prejelatinizasyon gibi işlemlerin kullanılması gerektiği de ifade edilmiştir.

2.3. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*)

Avrupa hamsisi (*Engraulis encrasicolus*), ülkemizde avlanan su ürünlerinin en önemlilerinden biridir. Ortalama 12 cm uzunluğunda olan hamsi küçük ve kara etli balıklar sınıfında değerlendirilmektedir (Turhan vd, 2009). Avrupa hamsisi daha çok Karadeniz ve Azak Denizi'nde dağılım göstermekle birlikte, Marmara, Ege ve tüm Akdeniz havzasında, Kuzey denizi, Kuzey Doğu Atlantik, Güney Afrika kıyıları ve Süveyş Kanalı boyunca da yayılım göstermektedir (Çakır, 2010). 2009 yılı FAO verilerine göre; Peru, Şili ve Çin'den sonra hamsi üretiminde Türkiye dünyada 4. sıradadır (Anonymous, 2012). TÜİK 2015 yılı verilerine göre toplam su ürünleri üretimimizin 345765 tonu avlanan deniz balıkları oluşturmuştur, bu miktarın da 193492.3 tonunu (% 55.96) hamsi oluşturmaktadır (Anonim, 2017d). Avlanan hamsilerin yarısından fazlası balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılmakta (% 53.03) (Anonim, 2017d), geriye kalan kısmı ise taze olarak, tuzlanarak, dondurularak veya konserveye işlenerek insan beslenmesinde kullanılmaktadır (Kose ve Erdem, 2004). Hamsi zengin protein kaynaklarından ve Karadeniz Bölgesi'nin temel

gıdalarından biridir. Fiyatının da uygun olması nedeniyle en ucuz hayvansal protein kaynaklarından biridir ve geniş kitleler tarafından tüketilmektedir. Hamsi hem avlanma sezonu kısa olduğu, hem de mikrobiyolojik ve kimyasal açılardan bozulmaya karşı çok hassas bir ürün olduğu için avlandığı andan itibaren belirli koşullarda muhafaza edilmesi gerekmektedir. Dünyada taze yenilmesinin yanında marine edilmiş şekilde konserve olarak tüketimi de oldukça yaygındır. Ülkemizde ise su ürünlerinin taze olarak tüketimi tercih edilmekte, tuzlanmış, kurutulmuş veya konserve edilmiş şekli pek tercih edilmemektedir. Taze tüketiminin tercih edilmesi nedeniyle ülkemizde yıllık kişi başı su ürünleri tüketimi (8.6 kg) ile dünya ortalamasının oldukça altında kalmaktadır (16 kg) (Çakır, 2010).

Hamsinin kimyasal bileşimi yaşa, cinsiyete, avlandığı bölgeye ve mevsimlere göre farklılıklar göstermektedir. Ülkemizde yapılan bir çalışmada; Ekim-Mart dönemi avlanan hamsilerin % 65.9-73.9 su, % 12.8-16.4 protein, % 9.0-15.3 yağ ve % 1.7-2.2 kül içerdiği belirlenmiştir (Boran vd, 2008). Adriyatik, Tiren ve İyonya denizlerinden avlanan hamsi filetolarında su miktarı % 76.48-77.93, protein miktarı 19.16-19.80, yağ miktarı % 1.81-2.27 ve kül miktarı % 1.50-1.90 aralığında bildirilmiştir (Roncarati vd, 2012). Japon hamsisinde yapılan bir çalışmada ise su miktarı % 75.2, yağ miktarı % 5.0, protein miktarı % 17.8, ve kül miktarı ise % 2.7 olarak belirlenmiştir (Osako vd, 2005). Et veriminin ise farklı avlanma dönemlerine bağlı olarak % 57-62 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Üstün ve Turhan, 1997).

Hamsi içerdiği yağ ve proteinin niteliği yönünden çok önemli bir gıdadır. Çoklu doymamış yağ asitleri ve fosfolipidlerce de zengindir (Kinsella, 1988; Guner vd, 1998). Hamside toplam yağ asitlerinin yaklaşık % 30' unu dokosahekzaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA) oluşturmaktadır (Shahidi, 1997; Guner vd, 1998). Ülkemizde avlanan hamsilerin DHA miktarı 1.56 g/100g, EPA miktarı 0.86 g/100g, toplam omega-3 yağ asidi miktarı 2.91 g/100g ve toplam omega-6 yağ asidi miktarı 0.27 g/100g olarak bildirilmiştir (Saglık ve Imre, 2001). DHA ve EPA' nın; kalp ve damar hastalıkları başta olmak üzere düşük, erken doğum, bazı cilt hastalıkları, kolon kanseri ve akciğer kanseri gibi bazı kanser türleri ile Alzheimer gibi beyin fonksiyonlarının eskisi gibi yerine getirilemediği hastalıklar üzerine olumlu etkileri araştırmalarla kanıtlanmıştır (Connor, 2000; Raffenbeul, 2001; Olsen ve Secher, 2002). Özellikle balık tüketiminin az olduğu bölgelerde balık yağı gıdalara katılarak omega-3 yağ asidi alımı artırılmaya çalışılmaktadır. Bu konuda

balık yağı kapsülleri veya doğrudan balık yağı alınmasının yanı sıra son yıllarda mikroenkapsüle balık yağlarının tüketimi de popüler hale gelmektedir (Mol, 2008). Balık proteini özellikle lizin, sistin, metiyonin, trenonin ve triptofan gibi esansiyel aminoasitlerini yüksek oranda içermektedir. Balık aynı zamanda kalsiyum, fosfor, potasyum ve magnezyum gibi mineraller ile çinko, iyot, demir, bakır, manganez, florin, kobalt ve selenyum gibi iz elementler açısından da değerli bir kaynaktır (Turan vd, 2007).

Hamsinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalite özellikleri üzerine çeşitli uygulamaların etkileri birçok çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıda değerlendirilmiştir;

Takiguchi (1996), kaynatılıp kurutulan hamsi örneklerini plastik torbalar içerisinde oksijen absorbantı içerecek ve içermeyecek şekilde +25 ve -20 °C’ lerde depolanması sırasında lipid oksidasyonu ile serbest aminoasit kompozisyonundaki değişiklikleri incelemiştir. Araştırmacı 25 °C’ de örneklerde lipid oksidasyonu ve kahverengi renk oluşumu önemli ölçüde görüldüğünü ve taurin, glutamin, metiyonin, histidin, lizin miktarlarında da azalma olduğunu bildirmiştir. Oksijen absorbantı olan örneklerin ise lipid oksidasyonuna uğramadığını ancak kahverengileşme glutamin ve histidin miktarlarındaki düşüşle birlikte gözlemlendiğini kaydetmiştir. Oksidatif parçalanmanın neticesinde oluşan karbonil grupları ile aminoasitlerin reaksiyonu sonucu kahverengileşme görüldüğü sonucuna varmıştır. -20 °C’ de oksijen absorbantı ile depolamanın lipid oksidasyonu ve renk ile birlikte ürünün aroma ve besleyici özellikleri açısından daha iyi muhafaza sağladığını rapor etmiştir.

Shozen vd (1997) Japonya’ da “niboshi” ismi ile bilinen kaynatılıp kurutulan hamsi örneklerinin depolama süresince kolesterol oksidasyon seviyelerinin kontrolü için farklı antioksidanlar ve depolama yöntemlerini karşılaştırmışlardır. BHA ve tokoferol ilave edilmesine rağmen kolesterol oksitlerin oluşumunun devam ettiğini kaydetmişlerdir. 28 güne kadar oksijenli ortamda depolamada antioksidanların önemli bir etkisinin görülemediği, en etkin muhafazanın oksijen absorbantı içeren vakum ambalaj ile sağlandığını, bu şekilde 156 günde oluşan kolesterol oksit düzeyinin oksijenli ortamda 14 günde oluştuğunu bildirilmişlerdir.

Kose vd (2001) Karadeniz Bölgesi’ nin geleneksel yemeklerinden yöresel adı hamsi kuşu olan taze veya tuzlanmış hamsi, mısır unu, buğday unu, pazı, yeşil soğan,

pırasa, kuru nane ve toz kırmızı biber ile 20-25 g' lık köfteler şeklinde hazırlanan yemeğin çiğ ve pişirilmiş olarak -18 °C' de muhafaza ederek raf ömrünü araştırmışlardır. 5 aylık depolama sonucunda hem çiğ hem de pişirilmiş örneklerin kimyasal ve mikrobiyolojik olarak tüketilebilir olduğunu bildirilmişlerdir. 3. aydan sonra duyuusal kabul edilebilirliğinde düşüş olduğunu kaydetmişlerdir.

Celik ve Oehlenschlager (2007) tarafından marketlerde satılan dondurulmuş hamsi ve konserve hamsi örneklerinin kadmiyum, kurşun, çinko ve bakır içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada, dondurulmuş hamside kadmiyum, kurşun, çinko ve bakır miktarları sırasıyla 494.2 µg/kg, 314.3 µg/kg, 566 mg/kg ve 45.7 mg/kg olarak belirlendiği bildirilmiştir. Bu değerler konserve hamsi örneklerinde ise sırasıyla 25.1 µg/kg, 91.8 µg/kg, 33.8 mg/kg ve 7.1 mg/kg olarak bildirilmiştir. Dondurulmuş hamsi örneklerinin yüksek ağır metal içeriğinin hammadde özellikleri yanında, hammaddeyi uygun olmayan muhafaza, taşıma ve işleme koşullarından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Turhan vd (2004), farklı pişirme ve haşlama yöntemlerinin (fırın, ızgara, mikrodalga fırın) hamsilerin toplam ve hem demir miktarları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Izgarada pişirme yöntemi ile toplam ve hem demir miktarlarında % 52.6 ile % 70.4 azalma kaydederken, bu oranın haşlama yönteminde % 11.2 ile % 30.4 olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar demir içeriğinin muhafazasında en iyi yöntemin haşlama olduğunu, bu yöntemi elektrikli fırında pişirmenin takip ettiğini bildirmişlerdir.

Shiriskar vd (2010) kaynatılıp kurutulan hamsilerin kimyasal ve duyuusal kalite kriterlerinin zamana bağlı değişimini incelemişlerdir. Plastik torbalarda 30-35 °C' de muhafaza edilen örneklerin depolama süresince TVB-N, peroksit ve toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarında artış olduğunu kaydetmişlerdir. Bu ürünlerin 15 haftaya kadar kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal kalite kriterlerinin kabul edilir sınırlar içerisinde kaldığını ve hamsinin bu şekilde muhafaza edilmesinin raf ömrünü önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir.

Hamsilerin ¼ oranında tuz ile muamele edilip tahta kutular içerisinde üzerine ağırlıklar konularak 36 saat preslenerek kurutulması ile elde edilen ürünlerde yapılan bir çalışmada, depolama sırasında kimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik kabul edilebilirliğin 5 haftaya kadar sağlanabildiği belirlenmiştir (Siriskar vd, 2013).

Aydin ve Gokoglu (2014), hamsi örneklerinin -20, -40 ve -80 °C’ lerde dondurulduktan sonra -18 °C’ de muhafaza edilmesi sırasında örneklerin lipid oksidasyon düzeylerini 6 ay boyunca incelemişlerdir. Oksidasyon düzeyinin -80 °C’ de dondurulan örneklerde depolama süreci boyunca daha düşük olduğu kaydetmişlerdir. -80 °C’ de dondurmanın maliyeti artırıcı etkisi olduğu ancak yağ oranı yüksek, değerli deniz ürünlerinin bu şekilde dondurulup ardından depolanmasının kalite açısından olumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Tayland’ da avlanan hamsi örneklerinin buzdolabı (4 °C) şartlarında buzsuz ve buz ile çevrelenerek 7 gün boyunca muhafaza edildiği bir çalışmada, örneklerin TVB-N, TMA-N, biyogenik amin (kadaverin, agmatin, tiramin, putresin, histamin), duyuşsal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Buz ile muhafaza edilen örneklerin kalite özelliklerinin diğer örneklerden daha üstün olduğu ve raf ömrünün 6 güne kadar uzatıldığı bildirilmiştir (Chotimarkorn, 2014).

Uran ve Gokoglu (2014), hamsi filetolarının 160 ve 180 °C’ lerde kızartma, fırında pişirme ve ızgarada pişirme işlemlerinin ürün üzerine etkilerini araştırmışlardır. Pişirme sıcaklıklarının ürünlerin besleyici ve kalite özellikleri üzerine bir etkisinin olmadığı ancak pişirme yöntemlerinin temel bileşenler, yağ asidi kompozisyonu, peroksit değeri, renk, tekstür ve duyuşsal özellikler üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yağda kızartılan örneklerin kızartma esnasında fazla yağ çekmesinden dolayı duyuşsal kabul edilebilirliğini ve enerji miktarını artırmasına rağmen sağlık üzerine olumsuz etkileri nedeniyle önerilmediğini belirtmişlerdir. ızgarada pişirme daha sert tekstür, düşük çoklu doymamış yağ asidi içeriği ve duyuşsal kabul edilebilirlik nedeniyle önerilmezken, fırında pişirme işleminin önerildiği belirtilmiştir.

Arjantin hamsinin (*Engraulis anchoita*) akışkan yatak kurutucuda kurutulmasının protein hidrolizi, antioksidan aktivitesi ve kurutulmuş ürünün protein kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, optimum işlem koşullarında lisinin % 9 oranında hidrolize olduğu, antioksidan aktivitenin ise % 8 oranında düştüğü belirlenmiştir. Son ürünün ise esansiyel aminoasit profilinden dolayı yüksek biyolojik değere sahip protein kaynağı olarak kabul edilebileceği rapor edilmiştir (Moraes ve Pinto, 2015).

Vimaladevi vd (2015), kurutulmuş hamsinin çeşitli ambalaj malzemeleri ile ortam sıcaklığında 3 ay süreyle muhafazası sırasında TBARS ve TVB-N ile toplam bakteri ve küf sayımı gibi mikrobiyolojik kalite kriterlerindeki değişimi incelemişlerdir. Asetik asit/kitosan ve propiyonik asit/kitosan filmlerinin poliestere polietilen laminat/düşük yoğunluklu polietilen filmlerine göre depolama süresince daha üstün sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Kitosan içeren filmlerin kurutulmuş balık muhafazasında iyi sonuçlar verdiği ve oksijen yakalama ajanları ile geliştirilmesinin daha iyi olabileceği bildirilmiştir.

2.4. Hamsili Mısır Ekmeği (HME)

Karadeniz Bölgesi'nde balık başta olmak üzere mısır, mısır unundan yapılan yiyecekler, karalahana, taze ve kuru fasulye, patates ve pirinç en çok tüketilen yiyeceklerdir. Kıyılarda balık, karalahana ve yöre otlarıyla yapılan çorbalar daha yaygındır. Deniz ürünlerinden hamsi çok çeşitli yemeklerin yapımında kullanılmaktadır. Bölgede gelenekselleşmiş hamsi yemeklerine örnek olarak; hamsili pide, hamsi pilavı, hamsili börek, hamsi köftesi, hamsi buğulama, hamsi tava, hamsi çorbası ve hamsi kuşu verilebilir (Ertas ve Gezmen-Karadag, 2013).

Hamsikoli yöresel adıyla bilinen hamsili mısır ekmeği, genellikle hamsi sezonunda evlerde üretilen ve ülkemizin diğer yörelerinde fazla tanınmayan bir gıdadır. Mısır unu içerisine temizlenmiş ve kılçığı ayrılmış taze hamsinin küçük parçalar haline getirilerek konulması veya salamura haline getirilmiş hamsinin mısır ununa ilave edilmesi ve yörede sıklıkla yetiştirilen pazı, pırasa, karalahana veya soğan gibi sebzelerin de katılmasıyla zenginleştirilen bir ekmek çeşididir. Önemli bir karbonhidrat kaynağı olan mısır ile protein, yağ, esansiyel aminoasitler, mineral maddeler ve omega-3 yağ asitlerince oldukça zengin olan hamsinin birlikte kullanımı ile son derece besleyici bir ekmek üretilmektedir. Mısır ekmeğinin besleyicilik açısından fakir olan yönleri hamsi ilavesi ile lizin, triptofan gibi esansiyel aminoasitler, EPA ve DHA gibi omega-3 yağ asitleri ve fosfor, demir ve selenyum gibi mineral maddelerce büyük ölçüde giderilmiş olmaktadır. Sağlıklı beslenme ve yaşam için bu bileşenlerin belirli miktarda vücuda alınması son derece önemlidir. En zengin omega-3 kaynağı olan yağlı balıkların veya HME ekmeği gibi bu yağ asitlerini içeren ürünlerin uygun koşullarda muhafaza edilmesi çok önemlidir. Çoklu doymamış yağ asitleri olan omega-3 yağ asitleri oksidasyona oldukça duyarlıdır ve

muhafaza sırasında oksijenle teması durumunda hızla okside olarak toksik peroksitlere ve kanser gelişimine ön ayak olan lipid oksidasyonu yan ürünlerine dönüşebilmektedirler (Kolanowski ve Laufenberg, 2006). Hamsili mısır ekmeği üretiminde kullanılan hammaddeler gluten içermediği için uygun koşullarda üretildiğinde çölyak hastaları tarafından da rahatlıkla tüketilebilecek bir üründür. Literatürde ekmeğin hamsi veya başka bir balık etiyle zenginleştirilmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2.5. Çölyak Hastalığı (Gluten Enteropatisi)

Çölyak hastalığı (Gluten Enteropatisi), bağırsaklardaki sindirimi sağlayan villus denilen yapıların bozulmasına sebep olan ve dolayısıyla da yiyeceklerdeki besinin emilmesini engelleyen ve ince bağırsakta hasarlar oluşturan bir alerjik sindirim sistemi hastalığıdır (Anonim, 2017e). Çölyak hastalığı, gluten olarak bilinen depo proteinlerinin prolamin fraksiyonunun vücuda alınması ile bağışıklık sisteminde T hücrelerinin uygunsuz tepkisinin neden olduğu çok sistemli otoimmün enteropatidir (Sharp vd, 2014). İnce bağırsak villilerinde oluşan hasarla besinlerin emilimi bozularak, vitaminler ve mineraller başta olmak üzere önemli birçok besinin (yağlar, bazı nişastalar ve bazı şekerler) malabsorpsiyonu ortaya çıkmaktadır (Thompson vd, 2005). Hastalığın nedenini oluşturan esas etken buğdayda bulunan gluten proteininin gliadin adlı alt fraksiyonudur. Ancak, çölyak hastaları sadece buğday değil, gliadinlerin homoloğu olan prolaminleri de içeren tritikale, çavdar ve arpa ürünlerinin tüketiminden de sakınmak zorundadır (Türksoy ve Özkaya, 2006).

Çölyak hastalığı genetik ve çevresel faktörlerin rol oynadığı multifaktöriyel bir durumdur (Şanlıer ve Bolluk, 2014). Hastalık yaşamın herhangi bir bölümünde ortaya çıkabilmektedir. Bazen çölyak hastalığı, bir ameliyattan, gebelik sürecinden, doğum sonrasında, viral enfeksiyon ya da şiddetli duygusal stresten sonra tetiklenebildiği gibi, doğrudan çölyak hastalığı tablosuyla da ortaya çıkabilir. Çölyak hastalığı her yaş grubunda görülebilmektedir (Anonim, 2017e). 1980' lerin başlarında çölyak hastalığı nadir görülen bir hastalık olarak değerlendirilirken, günümüzde tetkik ve teşhis testlerinin gelişmesiyle çölyak hastalığı en sık görülen kronik hastalıklardan biri durumundadır (Pagliarini vd, 2010). Hastalığın sıklığı coğrafi farklılıklar göstermektedir. En yüksek görülme sıklığı aralarında Türkiye' nin de yer aldığı, Avrupa, Kuzey Amerika, Avustralya gibi buğdayın beslenmede önemli

yer tuttuğu bölgelerdedir. Dünyada görölme sıklığı % 0.5-1' dir. Türkiye' de hastalığın prevalansı tam olarak bilinmemekle birlikte yapılan çalışmalarda % 0.47-0.51 olarak bulunmuştur (Uyanıkoğlu vd, 2013). T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Obezite, Diyabet ve Metabolik Hastalıklar Daire Başkanlığı' nın verilerine göre Türkiye' de çölyak teşhisi konulmuş hasta sayısı 67 bin 683' tür. Ancak bu sayının toplam hasta sayısının % 10' u civarında olduğu ve teşhisi konulamamış çok miktarda gizli hastanın olduğu tahmin edilmektedir (Anonim, 2017f).

Çölyak hastalığı dışında gluten içeren gıdaların tüketilmesine bağılı olarak “gluten intoleransı” olarak bilinen, bağırsak mukozasına herhangi bir zarar vermeyen ancak şişkinlik, gaz, ishal, yorgunluk, baş ağrısı, zihin bulanıklığı ve eklem ağrısı gibi semptomları olan bir hastalık daha mevcuttur. Bu hastalığa sahip insanların da gluten içeren ürünleri tükettiklerinde hayat kalitelerinde önemli düşüşler görülebilmekte ve glutenden sakınmak durumunda kalmaktadırlar. Objektif teşhis konulamamasından dolayı hastalığın prevalansı hakkında sağlıklı bilgiler bulunmamakla birlikte, yapılan bazı çalışmalar İngiltere' de % 13, Avustralya' da % 7.3 ve ABD' nde ise % 0.6 oranında olduğunu bildirmektedir (Jericho vd, 2017).

Çölyak hastalığında tek tedavi yöntemi ömür boyu sürdürölmesi gereken glutensiz diyet uygulamasıdır. Glutensiz diyetle buğday, arpa ve çavdar unu içeren her türlü besin maddesinin yenilmesi sakıncalıdır. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğı 2012/4 sayılı Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliğı' ne göre “çok düşük glutenli” gıda maddelerinde gluten miktarı kuru madde üzerinden 100 ppm' i, gluten içermeyen bileşenlerden oluşan “glutensiz” gıda maddelerinde gluten miktarı kuru madde üzerinden 20 ppm' i geçmemelidir (Anonim, 2012). Hastalığa yakalandıktan sonra hayatlarının hiçbir döneminde gluten içeren gıdaları tüketemeyen bu insanlar glutensiz diyetlerine uygun özellikle unlu mamüller ve fırıncılık ürünleri bulmakta zorlanmaktadırlar. Bulabildikleri ürünler ise ya besleyicilik anlamında ya da lezzet ve albeni anlamında isteneni yeterince karşılayamamaktadır. Özellikle, bu amaçla getirilen ithal ürünler ise genellikle pahalı ve çoğu zaman ulaşılabilirlikten uzak olmaktadır.

Glutensiz ürünlerde doğal yapıları gereğı gluten içermeyen hammaddeler kullanılmaktadır (Pagliarini vd, 2010). Çölyak hastaları düşünölerek yapılan

çalışmalarda ise çok çeşitli hammaddeler kullanılmaktadır. Mısıır (Brites vd, 2010; Altındag vd, 2015), mısıır nişastası (Sabanis ve Tzia, 2011a), piriç (da Silva vd, 2016), patates (Kim vd, 2015), karabuğday (Ciesarova vd, 2016), sorgum (Ciacchi vd, 2007), kinoa (Elgeti vd, 2014; Brito vd, 2015), amaranth (Rozylo vd, 2015), kestane (Moreira vd, 2012), nohut (Rostamian vd, 2014), tapyoka (Milde vd, 2012; Kim vd, 2015), yer bademi (Ahmed ve Hussein, 2014), bezelye ve psyllium (Mariotti vd, 2009) yapılan çalışmalarda kullanılan hammaddelere örneklerdir. Ancak, gluten içermeyen hammaddelerin kullanılmasıyla elde edilen hamur viskoelastik özellik göstermemektedir. rn kalitesini arttırmak amacıyla gluteni ikame edebilecek katkıların ve üretim tekniklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara; bilimin, sanayinin ve toplumun ilgisi gün geçtikçe artmaktadır (Savtekin, 2014). Glutensiz rnler pazarının 2015 yılı tahmini küresel değerinin ise 3.3 milyar ABD doları seviyesinde olduğu kabul edilmektedir (Rybicka ve Gliszczynska-Swiglo, 2017a).

Çölyak hastalarının tükettikleri glutensiz gıdalar genellikle kepek ve ruşeymi ayrılmış un ve/veya nişastadan üretildiklerinden ve zenginleştirilmediklerinden, bazı B grubu vitaminleri, demir ve diyet lifi içeriği açısından gluten içeren diğer gıdalara oranla daha fakirdirler (Türksoy ve zkaya, 2006). Yaşları 10 ile 23 arasında değişen 98 lyak hastasının beslenme alışkanlıkları 98 sağlıklı kişi ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, lyak hastası grubun şeker, yağ, protein ve tatlandırıcıları içecek tüketiminin kontrol grubundan yüksek olduğu, nişasta alımının ise düşük olduğu görülmüştür. Ekmek, un, makarna gibi ürünlerin lyak hastaları tarafından tüketilememesi nedeniyle folik asit, kalsiyum, demir, bakır, çinko ve magnezyum gibi bileşenlerin alımının yetersiz olduğu rapor edilmiştir (Babio vd, 2017).

2011-2013 yılları arasında Polonya pazarında satılan 50 glutensiz ürünün kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum, bakır, demir, manganez ve çinko içerikleri araştırılmıştır (Rybicka ve Gliszczynska-Swiglo, 2017a). Analiz edilen örneklerin mineral madde içerikleri arasında bin kata kadar farklılıklar olduğu, karabuğday, akdarı, nohut, yulaf, amaranth, teff ve kinoadan yapılan glutensiz ürünlerin; piriç, mısıır, patates ve glutensiz nişastadan yapılan ürünlerden genel olarak daha yüksek mineral içerdiği belirtilmiştir.

Çölyak hastaları için glutensiz hammadde olarak kullanılabilecek karabuğday, nohut, mısıır, piriç, amaranth, kestane, yulaf, meşe palamudu, akdarı ve teff

unlarının B grubu (B₁, B₂, B₃ ve B₆) vitamini içeriklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; hammaddeye bağlı olarak B vitamini içeriğinin önemli ölçüde değiştiği bildirilmiştir (Rybicka ve Gliszczynska-Swiglo, 2017b). Ürünün 100 gramında B₁ vitamini içeriği 0,01 mg (amaranth unu) ile 0,60 mg (teff unu); B₂ vitamini 0,03 mg (yulaf ezmesi unu) ile 0,22 mg (karabuğday unu); B₃ vitamini 0,01 mg (amaranth unu) ile 6,02 mg (akdarı unu) ve B₆ vitamini 0,03 mg ile (meşe palamu unu) 0,69 mg (amaranth unu) aralığında belirlenmiştir. Sonuçlar ışığında teff, akdarı, kestane, karabuğday ve amaranthın B grubu vitaminler açısından diğer kaynaklardan daha zengin olduğu belirtilmiştir.

2.6. HME Üretiminde Yapılan İyileştirmeler

Tez çalışması kapsamında geleneksel olarak HME üretim tekniği, formülasyon ve raf ömrü açısından çeşitli iyileştirmeler yapılması planlanmıştır. Söz konusu iyileştirme çalışmaları aşağıda verilmiştir.

2.6.1 Hamsinin kurutularak un haline getirilmesi

Hamsili mısır ekmeği üretiminde kullanılan hamsi, sezonunda taze iken veya salamura haline getirilerek farklı zamanlarda kullanılabilir, ancak bu durum her mevsim ulaşılabilirliğini zorlaştırmaktadır. Çünkü hamsi, sezonu kısa olan, iklimsel, ekolojik değişimlerden dolayı avlanma miktarı gün geçtikçe azalan bir balık türüdür. Kısaca, hamsiye her zaman taze olarak ulaşmak mümkün değildir. Bu çalışmada, hamsili mısır ekmeğinde kullanımını kolaylaştırmak, standart ve kaliteli bir üretim yapmak için hamsinin doğrudan kullanımı yerine hamsinin yenilebilir kısımlarının kurutulup un haline getirilerek kullanılması düşünülmüştür. Deniz ürünlerinin kurutularak muhafaza edilmesi üzerine çok sayıda çalışma mevcuttur (Takiguchi, 1996; Shozen vd, 1997; Shah vd, 2009; Shiriskar vd, 2010; Moraes ve Pinto, 2015; Vimaladevi vd, 2015) ve kurutmanın ürün raf ömrünü önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir.

Kurutulan hamsilerin hamsili mısır ekmeği üretilene kadar oksidasyon ve acılaşma gibi kalite özelliklerinde düşüş olmasını engellemek için kurutulduktan hemen sonra öğütülmeden vakum ambalaj içerisinde -20°C' de depolanması planlanmıştır. Böylece kurutulmuş hamsinin uygun muhafaza koşullarında tüm yıl

boyunca ürüne işlenebilecek bir hale getirilmesi ve hamsi unu olarak ilave edildiği üründe homojen bir dağılım göstererek yapısal ve görsel açıdan tek düzelik sağlanması amaçlanmıştır.

2.6.2. HME' nin ekmek özelliklerinin ve duyu özelliklerinin iyileştirilmesi

Mısır ekmeği bilindiği gibi gluten içermediği için yapısı gereği sert karakterli, çabuk bayatlayan ve ufalanan, mümkünse taze tüketilmesi gereken bir ekmek çeşididir. Gluten miktar ve kalitesi, un ve ekmek sanayiinde üzerinde durulan en önemli parametrelerden ikisidir. Çünkü, hamur iskeletini oluşturup yoğurmanın gerçekleşebilmesi, fermantasyon sırasında açığa çıkan gazın yapıda tutunabilmesi, ürünün elastikiyeti ve yumuşaklığı glutenin varlığına ve kalitesine bağlıdır. Glutenin ayrıca gıda sanayi için uygun olan yüksek su tutma kapasitesi, şişme, emülsifiye edici ve köpürtücü özellikleri gibi ilave fonksiyonel özellikleri bulunmaktadır (Pagliarini vd, 2010). Glutensiz fırın ürünlerinde ise ürüne bu özellikleri kazandırmak güçtür. Hamur formu oluşmayacağı gibi üründe istenen yapı, esneklik, hacim ve geç bayatlama özellikleri zor sağlanmaktadır. Glutensiz ürünlerde yapıyı iyileştirmek, fermantasyonda gazı bir miktar yapıda tutup, esneklik ve geç bayatlama özelliklerini kazandırmak için çeşitli üretim teknikleri ve uygulamalardan, enzimler, diyet lifler ve gam maddeleri gibi katkılardan yararlanılmaktadır. Soya, acı bakla lifi, guar gam, pektin ve inülin (Diowks vd, 2009), kalsiyum kazeinat ve sitrat (Krupa-Kozak vd, 2009), HPMS (Sabanis ve Tzia, 2011b), kurutulmuş yumurta, karragenan, bezelye lifi, yulaf kepeği ve glukoz oksidaz (Aprodu ve Banu, 2015), soya protein izolatu (Ronda vd, 2011), yumurta beyazı (Kobylanski vd, 2004), keçiyoynuzu gamı (Larrosa vd, 2013), transglutaminaz (Moore vd, 2006), alfa amilaz, siklodekstrinaz ve lakkaz (Galagher, 2009), karboksimetilselüloz (KMS) (Onyango vd, 2009; Mohammadi vd, 2014), ksantan gam (Lazaridou vd, 2007; Preichardt vd, 2011; Hager ve Arendt, 2013; Sanguinetti vd, 2015), monoglisidlerin diasetil tartarik asit esterleri ve sodyum stearol laktilat (Sciarini vd, 2012), çapraz bağlı modifiye nişastalar (Witczak vd, 2012) ve prejelatinize nişastalar (Toufeili vd, 1994) glutensiz ürün geliştirme çalışmalarında kullanılan bileşenlere örneklerdir. Kullanılan bu bileşenlerin hepsinin temel amacı gluten içermeyen ürünlerin tekstürel özelliklerini gluten içeren ürünlere benzer hale getirmek ve hatta iyileştirerek standart ürünlere göre geç bayatlama, daha fazla su bağlama gibi özellikler kazandırmaktır.

Fırıncılık ürünlerinde yapılan çalışmalarda yukarıda da bahsedildiği gibi pek çok bileşen kullanılmaktadır. Geliştirilen hamsili mısır ekmeği üretiminde yapılan bilimsel çalışmalarda ve sanayide yaygın olarak kullanılan ksantan gam tercih edilerek ekmek örneklerinin tekstürel özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Ksantan gam *Xanthomonas campestris* tarafından karbonhidrat içeren fermantasyon çözeltileri ile üretilen yüksek moleküler ağırlıklı biyopolisakkarittir. Bu bakteri ksantan gamı fermantasyon ortamında su bağlayabilmek amacıyla üretir. Doğada lahanada gibi sebzelerin yapraklarında bulunmaktadır. Ticari olarak ksantan gam saf bakterinin iyi havalandırılan bir ortamda, glikoz, azot ve bazı iz elementler içeren kültür ortamında üretilmektedir. Fermantasyon sonunda ortam pastörize edilerek bakteri öldürülür ve ksantan gam izopropil alkol ile çöktürülerek ayrılır, kurutulduktan sonra öğütülerek paketlenir (Phillips ve Williams, 2000).

Ksantan gam temel olarak selülozda olduğu gibi 1,4-bağlı β -D-glukoz birimlerinin bulunduğu ana bir polimer iskeletinden oluşmaktadır. Bu iskelete bağlı yan zincirlerde ise iki adet D-mannoz kalıntısı arasında bir adet D-glukorinik asit kalıntısından oluşan bir trisakkarit bulunmaktadır. Ayrıca, % 4.7 oranında O-asetil grupları ve % 3.0-3.5 oranlarında ise pürivik asit içermektedir. Molekülün yaklaşık % 60' lık kısmını oluşturan bu yan zincirler, ksantan gama özgü birçok fiziksel ve kimyasal özellikler kazandırmaktadır (Phillips ve Williams, 2000).

Ksantan gam soğuk suda çözünür ve yüksek oranda viskoz çözeltiler oluşturur. Düşük konsantrasyonlarda bile yüksek oranda kıvam arttırırlar. Pek çok gıda mamulünde % 0.5, hatta % 0.05 oranında kullanılmaktadır. Diğer gam çeşitlerinin aksine, büyük ısı ve pH değişimlerinde stabildir. Çorbalar, soslar ve pasta kaplamaları ve süslemeleri için bağlayıcı ajan olarak kullanılır. Dondurmada kristalizasyonu önler. Dondurulmuş hamur, kalorisi azaltılmış fırıncılık ürünleri ve glutensiz ekmeklerde hacim, tekstür ve nemini geliştirmektedir (Phillips ve Williams, 2000; Zambrano vd, 2004; Rather vd, 2015; de Lima vd, 2016).

2.6.3. HME' nin Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi ile en uygun formülasyonunun belirlenmesi

Ürün geliştirme ve standardizasyon aşamalarında hangi formülasyon veya hangi yöntemin tercih edileceğine karar vermek her zaman kolay değildir. Birden çok

sayıda analizin ve verinin olduğu durumlarda hangi yöntemin temel alınacağı ve/veya bu yöntemin o ürün/yöntem için ne kadar önemli olduğu öznel değişkenlik gösterebilmektedir. Karar vericinin öncelikli olarak çözmeye çalıştığı problem ışığında, denediği uygulamaların veya iyileştirmelerin amacını ortaya iyi koyması gerekmektedir. Birden çok alternatifin (m sayıda), birden çok kriter (n sayıda) üzerinden bağlı değerlendirilerek ideal sonuca ulaşılması olarak tanımlanabilen ÇKKV yöntemleri literatürde daha çok ekonomi, işletme ve endüstri mühendisliği uygulamalarında kullanılmıştır.

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) çok kriterli karar verme yöntemlerinin en yaygınlarından bir tanesi olarak kullanılmaktadır ve Hwang ve Yoon (1981) tarafından ELECTRE yöntemine alternatif olarak geliştirilmiştir (Kabakçı, 2014). Pozitif ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif ideal çözüme en uzak mesafe alternatiflerinin seçilmesi düşüncesinden yola çıkarak oluşturulan bir yöntemdir (Ötkür, 2008). Yöntemde kullanılan değişkenler; faktörler ve faktör ağırlıklarıdır.

TOPSIS yönteminde çözüm süreci 6 aşamadan oluşur. Söz konusu adımlar sırasıyla şu şekildedir (Karaman, 2015):

Adım 1: Karar matrisinin (A) oluşturulması

A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. A matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır.

Adım 2: Normalize edilmiş karar matrisinin (R) oluşturulması

Normalize Edilmiş Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i=1,\dots,m \quad j=1,\dots,n \quad (2.2)$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin (v) oluşturulması

Değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir. Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Adım 4: İdeal (A^+) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin oluşturulması

Ağırlıklandırılmış matriste her kolonda yer alan maksimum ve minimum değerler tespit edilmektedir.

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (\text{maksimum değerler})$$
$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (\text{minimum değerler}) \quad (2.5)$$

Adım 5: Alternatifler arasındaki mesafe ölçülerinin hesaplanması

Maksimum ve minimum ideal noktalara olan uzaklık değerleri aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i=1,2,\dots,m$$
$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad j=1,2,\dots,m$$
(2.6)

Burada hesaplanacak pozitif ideal çözüm (S_i^+) ve negatif ideal çözüm (S_i^-) sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreceli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreceli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$$
(2.7)

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^*=1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^*=0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

Elde edilen değerler, büyüklük sırasına göre dizilerek karar noktalarının (alternatiflerin) önem sıraları belirlenmektedir. TOPSIS yöntemi bütün karar noktaları için değerlendirme faktörlerini aynı anda çözüme sokarak karar vericiye tek bir dağılım sunar (Karaman, 2015).

ÇKKV yöntemlerinin Gıda mühendisliği alanında uygulaması oldukça azdır. Literatürde, farklı coğrafik bölgelerden elde edilen meyvelerin antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması (Sun vd, 2011), prebiyotik pudinglerdeki optimum aromanın tercihi (Gurmeric vd, 2013) ve optimum sebze suyu konsantrasyonunun belirlenmesi (Ozturk vd, 2014) gibi çalışmalarda TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanımı ile yeni ürün geliştirme ve/veya standardizasyon içeren

çalışmalarda oldukça kompleks bir yapıya sahip olan gıdalarda deneysel uygulamaların ürün üzerine etkisi rasyonel olarak değerlendirilebilecek ve ideal sonuca daha sağlıklı bir şekilde ulaşılabilecektir.

2.6.4. HME' nin tüketime sunulma şeklinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi

Fırından yeni ıkmiş bir ürünün tat, aroma ve tekstürel olarak özelliklerini uzun süre koruyabilmesi en büyük problemlerden biridir. Fizikokimyasal olarak bayatlama ve sertleşme ile mikrobiyolojik olarak rop ve küf gibi bozulmalar ekmek gibi fırın ürünlerinin raf ömrünü kısıtlayan en önemli faktörlerdir. Dünya çapında üretilen ekmek ve diğer fırın ürünleri düşündüğünde; bu ürünlerin uzun süre muhafazasını sağlamak, ekonomik olarak büyük kayıpları önleyecek ve dünya genelinde açlıkla ve yoksullukla mücadele edilen bölgelerde israfın önüne geçilmesine yardımcı olacaktır. Gıda güvenliğine uygun koşullarda üretim yapmanın yanı sıra enzimler, emülgatörler ve koruyucular gibi katkıların kullanımı ürün kalitesini korumaya yönelik işlemlere örneklerdir. Ancak, fırın ürünlerinin üretim işleminin kesintiye uğratılıp ürünün dondurularak tüketileceği zaman tekrar pişirilmesi ile sıcak ve taze olarak tüketilmesine yönelik olan kısmen pişirme (par-baked) tekniği son yıllarda yaygınlaşan bir üretim yöntemi olmuştur.

Kısmen pişirme tekniği, günümüzde alışveriş merkezi kültürünün artması ile hızla yaygınlaşan, özellikle zincir bayilik (franchising) sistemi ile çalışan gıda işletmeleri tarafından ve çalışan insanları hedef alan dondurulmuş mamüller üreten büyük firmalar tarafından yoğun olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknikle önceden belirlenen kısmen pişirme süresi ve sıcaklığında ürünler bir miktar pişirilmekte ve uygun ambalajlar içerisinde şoklama ile dondurularak muhafaza edilmektedir. Ürün tüketilmek istendiğinde ise tüketici tarafından önceden belirlenen son pişirme işlemi süre ve sıcaklığında pişirilerek tüketime hazır hale getirilmektedir. Böylece ürünler daha uzun raf ömrüne sahip olmakta, soğuk zincir ile her yere kolaylıkla ulaştırılabilmekte ve taze olarak son tüketici tarafından istenen zamanda tüketilebilmektedir. İş hayatının yoğunluğu, hazır gıdaların yaygınlaşması ve çeşitlenmesi ile çalışan kesimin yemek hazırlamak için ayırdığı zamanın giderek azalmasının etkileriyle dondurulmuş fırın ürünlerine olan talep hızla artmakta ve bu yöntemin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Kısmen pişirme tekniğinin fırın ürünlerinde uygulanmasına yönelik çok sayıda bilimsel çalışma mevcuttur. Kısmen pişirme tekniği genel olarak buğday ekmeğinde denenmiştir. Ancak çavdar ekmeği (Karaoglu, 2006), çok tahıllı ekmek (Vulicevic vd, 2004) ve kek örneklerinde (Karaoglu vd, 2008) çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalarda, ürün kalitesini etkileyecek olan formülasyon, kısmen pişirme işlemi, soğutma, dondurma, depolama şekli, depolama süresi, ikinci pişirme işlemi ve ürün problemleri konuları araştırılmıştır (Almeida vd, 2016).

Kısmen pişirilen ekmeklerde çökme probleminin oluşmaması için çok yüksek spesifik hacme sahip olmayacak orta sertlikte unlar kullanılmasının uygun olacağı, yapının daha iyi hale getirilmesi ve don zararının azaltılması için emülsifiyer kullanılmasının iyi olacağı tavsiye edilmiştir. İkinci pişirme işlemini de düşünerek ürünün normalden daha fazla su içerecek şekilde üretilmesi ve hidrokolloid kullanılmasının iyi olacağı bildirilmiştir (Almeida vd, 2016).

Yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra hızla soğutulup düşük derecelerde dondurulan ve tekrar pişirilen örneklerde mikrobiyolojik bozulma riski oldukça düşüktür. Ancak, kısmen pişirme tekniğiyle yapılan ve uzun süre dondurularak muhafaza edilen ürünlerde nem kaybı, nişasta retrogradasyonu, aroma ve tat kaybı ile ürün sertliğindeki artış görülebilecek problemlerdendir (Vulicevic vd, 2004).

Barcnas ve Rosell (2006a), kısmen pişirilmiş ekmeklerin -20 °C ve 2 °C' de depolamanın ürünlerin tekstürel ve duyu kalitesine etkisini araştırmışlardır. 2 °C' de depolanan örneklerin -20 °C' de depolananlara göre spesifik hacim, kabuk ve ekmek sertliği değerlerinin daha iyi olduğunu, ancak duyu olarak panelistler tarafından bu durumun fark edilmediğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda duyu olarak -20 °C' de depolanan ekmeklerin tat ve tekstür olarak daha iyi puanlar aldığını bildirmişlerdir. HPMS kullanılan ekmeklerin ise bayatlama hızının yavaşladığını ve dondurarak depolama sırasında oluşabilecek buz kristallerinin büyümesi gibi olumsuzlukları önlediğini belirtmişlerdir.

Barcnas ve Rosell (2006b) yaptıkları bir başka çalışmada, dondurma süresinin kısmen pişirilmiş ekmeklere etkilerini incelemişler, dondurma süresinin artmasıyla birlikte ekmekteki nem kaybının ve kabuk sertliğinin arttığını belirtmişlerdir. Depolama süresindeki artışın ekmekteki buz kristallerinin zamanla büyümeye devam etmesine ve kabuk yapısının bozulmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Karaoglu ve Kotancılar (2006), beyaz tava ekmeğine farklı kısmen pişirme süreleri ve koruyucu olarak kalsiyum propiyonat ilavesi ve farklı depolama sürelerinin etkilerini incelemişlerdir. 10 dakika kısmen pişirme uygulanıp 7-14 gün depolanan ekmeklerin kontrol ekmeklerine göre daha yumuşak olduklarını belirlemişlerdir. Kalsiyum propiyonat kullanımının ise spesifik hacim, yumuşaklık, ekmek kabuğu nem düzeyini düşürdüğünü, ekmek içi nemini, asitliği ve kırmızılık-yeşillik değerini (a değeri) artırdığını bildirmişlerdir.

Debonne vd (2017) kısmen pişirme yönteminin pişirme süresi, sıcaklık, buhar uygulaması ve depolama gibi koşullarının kısmen pişirilmiş ve tam pişirilmiş ekmek üzerine etkilerini araştırmışlardır. Pişirme sıcaklığının kısmen ve tam pişirilmiş ekmeklerin ekmek kalite özelliklerine önemli etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Ekmek hacminin pişirme süresi, buhar uygulaması veya depolama sıcaklığından etkilenmediğini, sadece kısmen pişirme sıcaklığından etkilendiğini ve sıcaklık arttıkça ekmek hacminin arttığını belirlemişlerdir. Dondurarak depolamanın ekmek hacmine, ağırlığına ve kabuk kalınlığına etki etmediğini ancak L , a değerleri ile tekstürel özellikleri etkilediğini ifade etmişlerdir.

Kısmen pişirme tekniği ile üretilip dondurularak muhafaza etme, dondurma işlemi ve ikinci pişirme işlemlerini içerdiği için ekonomik olarak maliyeti yüksek bir yöntemdir. Ancak ürünlerin mikrobiyolojik ve duyuşal olarak tüketilebilirliğini uzun süre muhafaza etmeyi sağladığı için israfın önüne geçerek yüksek maliyeti önemli ölçüde telafi edebilmektedir. Aynı zamanda özel beslenme amaçlı geliştirilen, besin değeri yüksek veya içerisinde bulunan hammaddelerden dolayı her zaman üretilmesinin mümkün olmadığı ürünlerde daha avantajlı olmaktadır.

Hamsili mısır ekmeğinin esas hammaddesi mısır olduğu için üretildikten sonra çabuk sertleşen ve bayatlayan bir yapıya sahiptir. Yüksek oranda doymamış yağ asitlerine sahip olan hamsi ve mısır içerdiği için de oksidasyon ve acılaşıma riski yüksektir. Aynı zamanda zengin besinsel içeriği nedeniyle mikrobiyal bozulma riski de fazladır. Tez çalışmasında bu problem ve riskleri azaltmak ve ürünün her mevsimde taze olarak tüketilebilmesini sağlamak için geliştirilen ürünün tam olarak pişirme yerine kısmen pişirme tekniği ile üretilip vakum ambalaj içerisinde dondurularak muhafaza edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada hamsili mısır ekmeği formülasyonunun en iyi fiziksel, kimyasal, duyusal ve besleyici özellikleri verecek şekilde optimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ön denemelerle belirlenen oranlarda bileşenler kullanılarak formülasyonlar belirlenmiş ve bu formülasyonlarda üretimler gerçekleştirilmiştir. En iyi hamsili mısır ekmeği formülasyonunu belirlemede TOPSIS yönteminden faydalanılmıştır. Hamsili mısır ekmeği üretimine ait deneme deseni Çizelge 3.1’ de verilmiştir. Mısır unu 100 birim kabul edilerek diğer bileşenler mısır unu miktarına göre yüzde olarak verilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında ise geliştirilen bu ürünün raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için ekmekler "kısmen-pişirme (par-baked) tekniğine" uygun olarak üretilmiş ve vakum ambalajlanıp dondurularak muhafaza edilmiştir. Dondurulan ekmekler 180 gün süreyle -20 °C’ de muhafaza edilmiştir. 30 günlük periyotlarla kimyasal, duyusal ve mikrobiyolojik değişimler izlenmiştir.

Çizelge 3.1. Hamsili mısır ekmeği üretimine ait deneme deseni

Örnek Adı	Mısır Unu	Hamsi Unu (%)	Ksantan Gam (%)	Sebze Karışımı (Pazı, pırasa, soğan) (%)	Glutensiz Kuru Maya (%)	Tuz (%)
H0-G0	100	0	0	0	3	2
H10-G0	100	10	0	20	3	2
H20-G0	100	20	0	20	3	2
H30-G0	100	30	0	20	3	2
H40-G0	100	40	0	20	3	2
H0-G1.5	100	0	1.5	0	3	2
H10-G1.5	100	10	1.5	20	3	2
H20-G1.5	100	20	1.5	20	3	2
H30-G1.5	100	30	1.5	20	3	2
H40-G1.5	100	40	1.5	20	3	2

3.1. HME Üretimi

HEM üretiminde formülasyona ilave edilecek olan Karadeniz’ den avlanan Avrupa hamsisi (*Engraulis encrasicolus*) Samsun ilinde Sastaş A.Ş’ den temizlenmiş halde kılçıkları ile birlikte fileto olarak soğuk zincirde temin edilmiştir.

Hamsi filetoları döner tepsili kurutucuda (Eksis, Türkiye) 1.5 m/sn hava hızında 50 °C’ de < % 10 su içeriğine kadar kurutulmuştur. Kurutulan hamsi filetolar vakum ambalaj poşetlerine konarak oksidasyonun ve bozulmanın önlenmesi için vakum ambalajlanarak hamsili mısır ekmeği üretimine kadar -20 °C’ de muhafaza edilmiştir. HME üretimi yapılacağı zaman filetolar donuk haldeyken bıçaklı öğütücü (G1, Yazıcılar, Türkiye) ile öğütülerek hamsi unu haline getirilmiş ve üretimde kullanılmıştır. Hamsilerin kurutulması ve un haline getirilmesine yönelik görseller EK 1’ de verilmiştir.

Ekmek üretiminde kullanılan mısır unu, 2015 yılı mahsulü yerli üretim at dışı mısırdan (*Zea mays* var. *indentata*) elde edilmiş şekilde Semolina Azteca Milling Samsun/Türkiye firmasından temin edilmiştir. Üretimde kullanılan glutensiz kuru maya (*Saccharomyces cerevisiae*) Piyale/Türkiye firmasından, sofr tuzu Billur tuz/Türkiye firmasından, gıda tipi ksantan gam ise Tito/Türkiye firmasından temin edilmiştir. Ekmek kalıplarının yağlanması için Bizim Yağ/Türkiye marka margarin kullanılmıştır. Pazı, pırasa ve kuru soğan taze olarak Samsun ilindeki yetiştiricilerden sağlanmıştır.

HME 3 tekrarlı olarak Çizelge 3.1’ deki oranlara göre üretilmiştir. Kullanılan her bileşenin miktarı mısır unu esasına göre hesaplanmıştır. Glutensiz kuru ekmek mayası % 3, ksantan gam % 0 ve % 1.5 oranlarında, sofralık tuz ise % 2 oranında kullanılmıştır. Homojen olarak karıştırılan bu bileşenlerin üzerine % 10, 20, 30 ve 40 oranlarında hamsi unu ve % 20 oranında ince olarak doğranmış sebze karışımı (pazı, kuru soğan, pırasa) eklenmiştir. Kontrol grubunda sebze karışımı ve balık unu yer almamıştır. Elde edilen karışımlar içme suyu ile 1:1 oranında karıştırılarak homojen hale gelene kadar laboratuvar tipi hamur yoğurucuda (Kitchen Aid, Artisan, ABD) karıştırılmıştır. Karışımlar 160 g olacak şekilde teflon kalıplara aktararak 40 °C’ de 45 dakika fermantasyon kabinde fermantasyona bırakılmış ve önceden 200 °C’ ye ısıtılmış endüstriyel fırınlarda (Özköseoglu, Türkiye) ön denemeler ile belirlenen süre olan 20 dakika pişirilmiştir. Pişirilen ürünler oda sıcaklığına kadar soğutulmaya bırakıldıktan sonra fiziksel ve duyu analizleri üretimden aynı gün yapılmış, diğer analizler için örnekler ağzı kilitli düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) poşetler içerisinde -20 °C’ de analize kadar muhafaza edilmiştir. HME üretimine ve örnekler ait görseller EK 2’ de verilmiştir. Hammaddelerin ve üretilen HME’ nin fiziksel,

kimyasal, duysal ve besleyicilik özelliklerini belirlemek için çeşitli analizler yapılmıştır.

3.2. Hammadde ve HME Örneklerinde Yapılan Analizler

Hammadde olarak kullanılacak mısır unu, sebzeler, çiğ hamsi ve hamsi unu, ksantan gam ve glutensiz kuru mayada; kuru madde, kül, yağ, protein, aminoasit, yağ asidi ve mineral madde analizleri yapılmıştır.

Ekmekler 10 farklı formülasyonda 3 paralelli ve 3 tekrarlı olarak üretilmiştir. Ekmeklerde; fiziksel (tekstür profil analizi, kabuk ve iç rengi, ekmek hacmi, ekmek ağırlığı, spesifik hacim), kimyasal (protein, yağ, kül, kuru madde, aminoasit profili, yağ asidi profili, mineral madde profili) ve duysal analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS örneklere uygulanmış ve en iyi puanı alan formülasyon bu yöntemle belirlenmiştir.

3.2.1. Kuru madde analizi

Kuru madde miktarı analizi AACC metot no. 44-15A' ya göre yapılmıştır. Sabit ağırlığa getirilip darası alınmış nikel kaplara yaklaşık 5 g örnek tartıldıktan sonra, 105 °C' de etüvde (FN 500, Nüve, Türkiye) kurutulmuştur. Örnekler sabit ağırlığı ulaşınca kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Sabit ağırlığa gelen örnekler desikatörde soğutulup tartılmış ve ağırlık farkından % kuru madde miktarı hesaplanmıştır (AACC, 2000).

3.2.2. Kül miktarı analizi

Kül miktarı analizi AACC metot no. 08-01 kısmen modifiye edilerek yapılmıştır. Sabit ağırlığa getirilen krozelerin darası alındıktan sonra yaklaşık 5 g örnek tartılmış, üzerine 2-3 ml etanol ilave edilip bir süre yakılarak kabuk bağlatılmıştır. Fırına yerleştirilen örnekler esmer leke kalmayınca kadar kademeli olarak 550 °C' de yakılmıştır (MKF, Mikrotest, Türkiye). Krozeler desikatörde soğutulularak tartılmış ve kül miktarı % kuru madde üzerinden hesaplanmıştır (AACC, 2000).

3.2.3. Protein miktarı analizi

Örneklerin azot içerikleri AACC metot no. 46-12' ye göre belirlenmiştir. Kjeldahl yöntemine göre, 1 g örnek üzerinden Kjeltex düzeneğinde (B-324, Büchi, İsviçre), 400 °C' de kademeli yakma, buhar distilasyon ve titrasyon yapılarak önce örneklerin % azot miktarı belirlenmiş sonra 6.25 katsayısı ile çarpılarak protein miktarı hesaplanmıştır (AACC, 2000).

3.2.4. Yağ analizi

Yağ miktarı, sokselet ekstraksiyon tekniği ile AACC metot no. 30-25' ye göre belirlenmiştir. Bunun için, 5 g homojen hale getirilmiş örnek kartuj içine tartılarak sokselet başlıklarına yerleştirilmiş ve dietil eterle örnekler 45 °C' de 8 saat geri soğutuculu sistemde ekstraksiyona bırakılmıştır. Darası bilinen balonun içerisinde kalan yağ miktarından örnekteki yağ miktarı % olarak saptanmıştır (AACC, 2000).

3.2.5. Renk analizi

Örneklerin renk ölçümü kolorimetreye (Miniscan EZ-4500L, Hunterlab, ABD) yapılmıştır. Ekmeklerde kabuk ve iç rengi ayrı ayrı belirlenmiştir. Koyuluk-açıklık (L^*), kırmızılık ($+a^*$), sarılık ($+b^*$) ve renk değişimi (ΔE) değerlerinin belirlenmesi için her bir örnekten en az 5 ölçüm alınmıştır (Koca vd, 2015). ΔE değerinin hesaplanmasında kullanılan formül aşağıda verilmiştir:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2} \quad (3.1)$$

L_0 , a_0 ve b_0 kontrol grubunun, L_1 , a_1 ve b_1 değerleri ise örneğin renk ölçüm değerlerini ifade etmektedir.

3.2.6. Ekmek hacmi analizi

Ekmek hacimlerinin ölçümü kolza tohumuyla yer değiştirme yöntemine göre yapılmıştır (Hallen vd, 2004). Ekmekler pişirildikten 15 dakika sonra hacmi bilinen silindire (V_s) alınmış ve üzerine kolza tohumu doldurulmuştur. Daha sonra ekmek içerisinden alınmış ve kalan tohum hacmi (V_k) belirlenmiştir. Ekmek hacmi silindir hacminden (V_s) kalan tohum hacmi (V_k) çıkarılarak mL cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.7. Ekmek ağırlığı ve spesifik hacmin belirlenmesi

Hacmi belirlenen ekmekler pişirildikten bir saat sonra tartılarak ağırlıkları not edilmiştir. Ağırlığı ve hacmi ölçülen ekmeklerde birim hacmin ağırlığa oranıyla (mL/g) spesifik hacim belirlenmiştir (Hallen vd, 2004).

3.2.8. Tekstür profili analizi (TPA)

Ekmeklerde TPA analizi 200 °C’ de 20 dakika pişirilen ve oda sıcaklığına kadar soğutulan örneklerde tekstür analiz cihazı (TA.XT2 Plus, Stable Micro Systems, İngiltere) ile Gambaro vd (2002)' nin bildirdiği yöntem kısmen modifiye edilerek yapılmıştır. 3.5 mm’ lik kare olacak şekilde kesilen örnekler cihazın ölçüm tablasına yerleştirilmiştir. Cihaz P/35 alüminyum disk probu kullanılarak; pre test hızı: 2 mm/s, test hızı: 3 mm/s, post test hızı: 3 mm/s, % 40 deformasyonda, gevşeme süresi: 5 s, ölçüm başlama kuvveti: 10 g olacak şekilde programlanmıştır. Ekmekler 3 tekrarlı olarak; sertlik (hardness), esneklik (springiness), iç yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve şeklini geri kazanma (resilience) parametreleri açısından değerlendirilmiştir. Tekstür profili analizine ait görseller EK 3’ de verilmiştir. TPA grafiği ile birlikte ilgili parametrelerin hesaplanması Şekil EK 3.3’ te verilmiştir.

3.2.9. Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi

Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesinde; yağların ekstraksiyonu Mortensen vd (2002) tarafından verilen yöntem kısmen değiştirilerek yapılmıştır. Bu amaçla 10 g ultratoraks (T18, IKA, Almanya) ile homojenize edilmiş örnek üzerine 50 mL metanol/kloroform (1/2) karışımı eklendikten sonra 5 dakika süre ile manyetik karıştırıcı (Velp, İtalya) ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım üzerine 10 mL 0.01 M CaCl₂ çözeltisi eklenerek kabaca süzölmüştür. Elde edilen süzöntü 2000 x g’ de 15 dakika süre ile santrifüj edilmiş ve altta kalan kısım bir balona alınarak, döner buharlaştırıcıda kloroform fazı buharlaştırılmıştır. Ekstrakte edilmiş yağdan, yağ asidi metil esterlerinin elde edilmesinde ISO 5509 metodu modifiye edilerek kullanılmıştır (ISO, 1978). Bunun için 0.1-0.4 g civarında yağ örneği 50 mL’ lik bir erlene tartılmış ve üzerine 4 mL izo-oktan ve 2 mL metanollü KOH ilave edildikten sonra 30 saniye vorteks (Wizard, Velp, İtalya) ile karıştırılmıştır. Bu sürenin sonunda

6 dakika ağzı kapalı olarak karanlıkta bekletilmiş ve 1-2 damla metil oranj indikatörü damlatıldıktan sonra, pembe renk oluşuncaya kadar 1 M HCl ilave edilmiştir. Daha sonra 15 dakika dinlendirilmiş ve renksiz tabaka gaz kromatografisinde (GC) analiz edilmiştir. Yağ asidi metil esterlerinin GC’ de tespiti için Altuntas ve Turhan (2013)’ deki sistem parametreleri bir miktar değiştirilerek kullanılmıştır. Yağ asitlerinin bileşimi alev iyonizasyon dedektörlü (FID) gaz kromatografisinde (GCMS-QP2010 Plus, Shimadzu, Japonya) HP-88 (60 m x 0.25 mm I.D., 0.20µm) kolonu (Agilent, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları 260 °C’ ye ayarlanmıştır. Enjekte edilen örnek miktarı 1.0 µl olup, taşıyıcı gaz olarak 150 kPa basınçtaki yüksek saflıkta helyum kullanılmıştır. Enjeksiyon uygulaması 1:100 oranında gerçekleştirilmiştir. Kolon sıcaklığı 100 °C’ de 5 dakika tutulmuş, daha sonra 4 °C/dakika artacak şekilde 240 °C’ ye çıkartılmış son olarak 240 °C’ de 15 dakika daha tutulmuştur. Yağ asitleri, standart 37 bileşenden oluşan yağ asidi metil esterleri (FAME) karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Yağ asidi metil esterlerine ait kromatogram EK 4’ te verilmiştir.

3.2.10. Mineral madde analizi

Ham madde ve ekmeklerde kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum, çinko, demir, bakır, manganez ve selenyum miktarları tespit edilmiştir. Bu amaçla örnekler US EPA 3051A (USEPA, 1994) protokolü ile mikrodalga yardımlı parçalanmış ve mineral kompozisyonu (Dincer ve Aydın, 2014)’ deki yöntem kısmen değiştirilerek belirlenmiştir. Örnek miktarı 1 g alınmış, 1 mL H₂O₂, 4 mL 10 M HNO₃ ve 1 mL 10 M HCl eklendikten sonra mikrodalgada (Mars 5, Cem, ABD) 10 dakikada 180 °C’ ye çıkarılmış ve 10 dakika 180 °C’ de bekletilerek yakılmıştır. Daha sonra örnekler indüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) (7500ce Octopole Reaction System, Agilent, Japonya) ile analiz edilmiştir.

3.2.11. Amino asit kompozisyonunun belirlenmesi

Analiz için örnekler Adeyeye (2009)’ daki yöntem ile hidroliz edilmiştir. Buna göre homojen hale getirilen 1 g örnek 15 mL 6 M HCl ile cam tüp içerisinde 110 °C’ de 22 saat etüvde (FN 500, Nüve, Türkiye) hidrolize bırakılmıştır. Hidrolizat cam yününden süzülerek kaba partiküllerden ayrılmış ve analize kadar -20 °C’ de muhafaza edilmiştir. Triptofan aminoasidi asit hidrolizde parçalandığı için örnekler

ayrıca triptofan miktarını tespit etmek üzere Lucas ve Sotelo (1980)' de belirtilen yöntem ile 4 N NaOH ile 145 °C' de etüvde 6 saat hidrolize bırakılmıştır. Hidrolizasyondan sonra kromatografik analiz Pereira vd (2008)' deki yöntem kısmen değiştirilerek yapılmıştır. Örnekler borat tamponuyla (0.4 M, pH 10.5) seyreltilmiş, 0.45 µm naylon disk filtreden geçirilip daha sonra sistem dışında eşit hacimde o-phthaldialdehyde (OPA) çözeltisi ile vortekste karıştırılarak türevlendirmenin gerçekleştirilmesi için toplam 3 dakika bekletilmiştir ve hemen türevlendirilen numuneden RP-HPLC sistemine 10 µl enjeksiyon yapılmıştır. Aminoasitler Shimadzu DGU 20A5 degasser, LC-20AT pompa, CBM-20A modül, CTA-10AS VP kolon fırını, SIL-20A otoenjektör, RF-10AXL floresans dedektör sistemi (Japonya) kullanılarak ters faz C18 kolon (4 µm partikül büyüklüğü, 150 x 3.9 mm i.d.) ile ayrılmıştır. HPLC analiz koşulları 1.3 ml/dk akış hızında; A çözeltisi; fosfat tamponu (10 mM, pH 7.3): metanol: tetrahidrofuran (80:19:1) ve B çözeltisi; fosfat tamponu (10 mM, pH 7.3): metanol (20:80) olacak şekilde gradient akış yapılmıştır. Florasan dedektör 340 ve 426 nm dalga boyları arasında tarama yapmıştır. Sigma-Aldrich (AAS-18) aminoasit standart karışımı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Ayrıca temin edilen tekil L-Triptofan, L-Metiyonin, L-İzolösin, L-lisin ve L-histidin standartları ile aminoasitlerin kromatogramdaki yerleri tespit edilmiş ve aminoasit standart karışım kromatogramının alıkonma zamanı ile karşılaştırılarak doğrulama yapılmıştır. Aminoasit standartlarına ait kromatogram EK 5' te verilmiştir.

3.2.12. Duyusal analiz

En iyi ekmek formülasyonunun tespiti sürecinde ekmek örneklerinde duyusal analizler yapılmıştır. Pişirilen ekmeklerin şekil ve simetrisi, dış ve iç rengi, tadı, kokusu, gözenek, tekstür, tat, çiğneme ve genel kabul edilebilirlik özellikleri incelenmiştir. Alpaslan ve Hayta (2006)' nın yöntemi modifiye edilerek 10 puan üzerinden hedonik skalaya göre örnekler panelistler tarafından EK 6' da verilen duyusal analiz değerlendirme formuna göre incelenmiştir. Panelistlere 8 adet HME ile 2 adet kontrol grubu ekmeği değerlendirecekleri bildirilmiş, puanlamanın; 9-10: Çok iyi, 7-8: İyi, 5-6: Orta, 3-4: Az kusurlu, 1-2: Kusurlu, şeklinde yapılması istenmiştir. Az kusurlu veya kusurlu puan verilen kriterlerin nedenlerini duyusal

analiz değerlendirme formunda bulunan “algılanan kusurlar” kısmına belirtmeleri istenmiştir.

3.2.13. Çok kriterli karar verme yöntemi

TOPSIS yönteminde kullanılan parametrelerin seçimi ve bu parametrelere verilecek katsayılar araştırmacı tarafından seçilmektedir. Parametrelerin seçilmesi ve katsayıların bu parametrelere dağıtılması işleminde tez çalışması ile üretilen farklı formülasyondaki ekmek örneklerinin temel fiziksel, besleyicilik ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri dikkate alınmaktadır. Parametre sayısında bir sınır bulunmamakla birlikte bu parametrelere verilen katsayıların toplamının 1’ i geçmemesi gerekmektedir. Yeni geliştirilen ekmek örneklerinin değerlendirilmesinde duyuşal analiz parametrelerinden “Genel kabul edilebilirlik”, hamsi unu ilavesi ile zenginleşmesi istenen esansiyel aminoasit miktarı, DHA ve EPA gibi önemli yağ asitleri, tekstürel olarak ekmek sertliğinin değişimi, mineral açısından ise mısır temelli ürünlerde yeterli miktarda olmadığı bilinen ve eksikliğinde çeşitli sağlık problemlerine sebep olan çinko ve demir miktarları parametre olarak kullanılmıştır. Bu parametrelere ait katsayılar ise Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2. TOPSIS değerlendirme parametreleri ve katsayıları

Parametre	Duyuşal Analiz (Genel kabul edilebilirlik)	Esansiyel Aminoasit miktarı	DHA+EPA miktarı	Tekstür Analizi (Sertlik)	Çinko (Zn) miktarı	Demir (Fe) miktarı
Katsayı	0,3	0,2	0,2	0,15	0,075	0,075

DHA: Dokosahegzaenoik asit; EPA: Eikosapentaenoik asit

3.3. Raf Ömrü Analizleri

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS sonucuna göre en iyi puanı alan iki ekmek formülasyonu ile ksantan gam içeren ve içermeyen kontrol grubu ekmek örnekleri olmak üzere dört farklı örnek 180 gün süreyle raf ömrü analizlerine tabi tutulmuştur. Bu amaçla 4 farklı örnek 3 tekrarlı olacak şekilde Çizelge 3.3’ te verildiği gibi 30 günlük periyotlarda analize alınmak için üretilmiştir. Üretimde raf ömrü analizi için belirlenen örneklerle ait Çizelge 3.1’ deki formülasyonlar kullanılmıştır. Pişirme işleminde kısmen pişirme (par-baked) tekniğinden faydalanılmıştır. Örnekler önceden 200 °C’ ye ısıtılmış endüstriyel

fırında 10 dakika süre ile pişirilmiştir. Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan ekmek örnekleri eldiven yardımı ile vakum ambalaj poşetlerine alınmış ve vakum ambalaj makinesi ile ambalajlanmıştır. Daha sonra örnekler -20 °C’ de depolamaya bırakılmıştır. Dondurularak depolanan örnekler için tam pişirme süresi ön denemelerle tespit edilmiştir. Dondurucudan çıkarılan örneklerin çözünmesi beklenmeden önceden 200 °C’ ye ısıtılmış endüstriyel fırında tam pişme süresi 15 dakika olarak belirlenmiştir. Depolanan örnekler duyu analizi öncesinde tam pişme süresi kadar (15 dakika) pişirilmiştir. Diğer analizler ise depolama koşullarındaki değişimleri görebilmek amacıyla kısmen pişirilip dondurulmuş olarak depolanan ilave bir pişirme işlemi uygulanmadan yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Raf ömrü analiz programı

Raf Ömrü Analiz Programı	Analiz Aralığı (Gün)						
Standardize edilen ürünler	0	30	60	90	120	150	180

Raf ömrü analizleri için depolamaya başlamadan önce ekmek üretimi aşamalarının mikrobiyal yüke etkisini görmek ve sonrasındaki değişimleri gözlemleyebilmek için örnekler 4 aşamada çeşitli mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Bu aşamalar; hamur (H), kısmen pişirilmiş (KP), kısmen pişirildikten sonra vakum ambalajlanıp -20 °C’ de bir gün dondurulmuş (KPD) ve KPD örnekler tam pişirme süresince pişirilmiş (TP) şeklindedir. Örnekler toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, toplam psikrofilik aerobik bakteri sayısı, maya-küf sayısı, *Staphylococcus aureus* sayısı, *Enterobacteriaceae* spp. sayısı ve koliform bakteri sayısı analizleri yapılmıştır.

Depolama süresince ekmek kalitesi ve tüketilebilirliğindeki değişimini izlemek ve raf ömrünü belirleyebilmek için ekmek örneklerinde; pH, TBARS, TVB-N, peroksit, serbest yağ asidi, duyu analizi ile toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, toplam psikrofilik aerobik bakteri sayısı, maya-küf sayısı, *Enterobacteriaceae* spp. sayısı, koliform bakteri sayısı, *Staphylococcus aureus* sayısı ve *Escherichia coli* sayısı gibi mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Bu analizlere ait yöntemler aşağıda verilmiştir.

3.3.1. pH analizi

pH değerleri 25 °C’ de pH 4 ve 7 tampon çözeltileriyle ayarlanmış pH-metre ile ölçülmüştür (Starter 3100, Ohaus, ABD). pH ölçümleri için örneklere 1:10 oranında distile su eklendikten sonra ultratoraksta (T18, IKA, ABD) homojenize edilip ölçülmüştür (Ibanoglu vd, 1995).

3.3.2. TBARS analizi

Lipit oksidasyonunun belirlenmesinde TBARS (thiobarbituric acid reactive substances - tiyobarbiturik asit ile reaksiyona giren maddeler) analizi uygulanmıştır. TBARS değeri Kilic ve Richards (2003) tarafından bildirilen yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Yönteme göre; ürünlerden 2’ şer g alınmış, üzerine 12 mL TCA solüsyonu (% 20 TCA, % 0,1 EDTA, % 0,1 propil gallat, 1-propil gallat 3 mL etanolde özündürölmüş) ilave edilmiş, 15–30 s homojenize edildikten (T18, IKA, ABD) sonra Whatman No:1 filtre kâğıdından süzülmüştür. Elde edilen filtrattan bir tüp içine 1 mL alınarak üzerine 1 mL 0.02 M tiyobarbütirik asit (TBA) özeltisi ilave edilmiştir. Bu karışımlar kaynayan su banyosunda 40 dakika tutulmuş, sonra 2 dakika eşme suyu altında soğutulmuştur. Daha sonra örneklerin absorbandsı UV-Visible spektrofotometre (Genesys 10 S, Thermo Scientific, ABD) ile 538 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Tanık için 1 mL TCA ekstraktına 1 mL TBA özeltisi ilave edilmiş ve örnekler için uygulanan aşamalar aynı şekilde yapılmıştır. K değeri 7.8 olarak alınmış ve TBARS değeri mg malondialdehit/kg olarak hesaplanmıştır.

3.3.3. TVB-N analizi

Depolamadaki protein bozulmasını tespit etmek için toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizi (Kucukgulmez, 2012)’ deki yönteme göre yapılmıştır. Homojenize edilmiş örnekten alınan 10 g örnek hassas terazide tartılarak Kjeldahl tüpüne aktarılmıştır. Örneğin üzerine yaklaşık 1 g MgO ve 100 mL saf su ilave edilmiştir. Bu işlemden sonra 250 mL’ lik erlenler içersine 100 mL saf su ile birlikte 10 mL % 3’ lük borik asit ve 7 damla metil kırmızısı eklenmiştir. Tüp ve erlen distilasyon cihazına (B-324, Büchi, İsviçre) yerleştirilerek erlen içinde 200 mL birikinceye kadar distilasyona devam edilmiş ve distilat 0.1 M HCl ile titre edilmiştir. Örneklerin toplam uçucu bazik azot miktarları aşğıdaki formölde verildiği şekilde hesaplanmıştır:

$$TVB - N \left(\frac{mg}{100g} \right) = \frac{HCl \text{ sarfiyatı (mL)} \times 1.4 \times 100}{\text{Örnek miktarı (g)}} \quad (3.2)$$

3.3.4. Peroksit analizi

Peroksit analizinde AOCS (1990)' nin yöntemi uygulanmıştır. Örnek : dietil eter (1:2 w/v) karışımı multitrotator (Multi Bio RS-24, Biosan, Letonya) cihazında 12 saat 4 °C' de karıştırılarak soğuk ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Daha sonra kaba filtre kağıdı ile örnek yağlı eter fazından ayrılmıştır. Eter vakumlu döner evaporatörde (Rotavapor R-200, Büchi, İsviçre) 30 °C' de uzaklaştırılmıştır. Soğuk ekstraksiyon ile elde edilen yağın üzerine 30 mL asetik asit : kloroform (3:2, V:V) çözeltisi eklenmiş ve 1 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra üzerine 0.5 mL doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklenmiş ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. 30 mL saf su eklenerek 1 dakika daha karıştırılmış ve son olarak 1 mL % 1' lik nişasta çözeltisi eklenerek 0.01 M sodyum tiyosülfat ile titre edilmiştir. Harcanan sodyum tiyosülfat miktarına bağlı olarak peroksit sayısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Peroksit sayısı} = \frac{(\text{Örneğin sarfiyatı} - \text{Kör denemenin sarfiyatı}) \times N_{Na_2S_2O_3} \times 1000}{\text{Örnek miktarı}} \quad (3.3)$$

3.3.5. Serbest yağ asidi (SYA) analizi

Serbest yağ asidi analizi AACC 58-15.01 yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Peroksit analizindeki yöntemle ekstrakte edilen yağın üzerine 10 mL etanol:dietil eter (1:1, V:V) karışımı ilave edilerek 1 dakika karıştırılmıştır. Üzerine 2-3 damla fenoltalein indikatörü damlatılarak 0.1 N etanollü KOH ile titre edilmiştir. Harcanan KOH miktarına göre serbest yağ asitleri % oleik asit olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AACC, 2000).

$$\text{Serbest yağ asidi (\%)} = \frac{\text{Harcanan KOH (mL)} \times MKOH \times 28.2}{\text{Örnek miktarı (g)}} \quad (3.4)$$

3.3.6. Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler için aseptik koşullarda ekim kabini içerisinde 10 g örneğe 90 mL taze olarak hazırlanmış serum fizyolojik ilave edilerek Stomacher cihazında (Smasher, AES Chemunex, Fransa) 60 saniye homojenize edilmiştir. Seyreltilen örnekler bir seri dilüsyona tabi tutulmuştur. Mikrobiyolojik analizlerde hazır

besiyeleri veya petrifilm kullanılmıştır. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ve psikrofilik bakteri sayısı için besiyeri olarak Plant Count Agar (PCA), maya-küf sayısı için Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC), *E. coli* sayısı için Chromocult TBX agar kullanılmıştır. Sırası ile litreye 20.5 g, 39 g ve 36.6 g olacak şekilde besiyeri şişelerine istenilen miktarda tartılıp saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan besiyeleri sterilizasyonunu gerçekleştirmek üzere otoklavda (Nüve OT4060 V) 121 °C’ de 15 dakika sterilize edilmiştir. Besiyerlerinde dökme yöntemi kullanılmıştır. AOAC tarafından onaylanan petrifilm yönteminde ise iki film arasına 1 mL dilüsyon ilave edilip besiyeri yüzeyine yayılmıştır. İnkübasyon sonucunda gelişen koloniler sayılmıştır (Kilinc, 2009).

3.3.6.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının belirlenmesinde Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. Ekim yapılan petri kutuları 25 °C’ de 5 gün süreyle inkübe edilip oluşan bakteri kolonileri sayılmıştır (Inanli vd, 2011).

3.3.6.2. Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sayısı

Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayısının belirlenmesinde de Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. Ekim yapılan petri kutuları 7 °C’ de 10 gün süreyle inkübasyona bırakılıp oluşan bakteri kolonileri sayılmıştır (Fernandez-Lopez vd, 2005).

3.3.6.3. Maya-Küf sayısı

Maya-küf sayısının belirlenmesinde Teramura vd (2015)’ deki yöntem kısmen değiştirilerek kullanılmıştır. Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC) besiyeri kullanılmıştır. Petri kutularına dökme yöntemi ile ekim yapıldıktan sonra 25 °C’ deki inkübatörde 5 gün inkübasyona bırakılmış ve sayım yapılmıştır.

3.3.6.4. *Staphylococcus aureus* sayısı

Staphylococcus aureus sayısının belirlenmesinde Staph Express Count Plate Petrifilm (3M Petrifilm Co. İngiltere) kullanılmıştır. 10⁻¹ dilüsyonundan 1 mL ekim

yapılan petrifilm 36 °C’ de 24 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonucunda oluşan mor renkli koloniler sayılmıştır (Silva vd, 2005).

3.3.6.5. *Enterobacteriaceae* spp. sayısı

10⁻¹ dilüsyonundan *Enterobacteriaceae* spp. Count Plate petrifilm 3M Petrifilm Co. İngiltere) 1 mL ekim yapılmıştır ve 36 °C’ de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda oluşan kolonilerin etrafı ürettiği asit ile sarı renkli görünen koloniler sayılmıştır (Silbernagel ve Lindberg, 2003).

3.3.6.6. Koliform bakteri sayısı

Koliform bakteri sayısının belirlenmesinde Coliform Count Plate Petrifilm (3M Petrifilm Co. İngiltere) kullanılmıştır. 10⁻¹ dilüsyonundan 1 mL ekim yapılan petrifilm 36 °C’ de 24 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonucunda oluşan kırmızı renkli koloniler sayılmıştır (Chen vd, 2007).

3.3.6.7. *Escherichia coli* sayısı

E. coli sayısının belirlenmesinde Chromocult TBX agar besiyeri kullanılarak hazırlanan dilüsyonlara ekim yapılmıştır. 44 °C’ de 24 saat inkübasyona bırakılan örneklerde koloni sayımı yapılmıştır (Eglezos vd, 2008).

3.3.7. Depolanan örneklerde duyu analizi

Kısmen pişirilip vakum ambalajda depolanan örnekler her bir analiz periyodunda ön deneme ile belirlenen 200 °C’ de 15 dakika süre ile pişirilerek duyu analize hazır hale getirilmiştir. Örnekler; şekil simetri, kabuk rengi, iç rengi, koku, tekstür, tat ve genel kabul edilebilirlik parametreleri baz alınarak değerlendirilmiştir. Alpaslan ve Hayta (2006)’ nın yöntemi modifiye edilerek 10 puan üzerinden hedonik skalaya göre örnekler panelistler tarafından duyu analiz değerlendirme formuna (EK 7) göre incelenmiştir. Panelistlere 2 adet HME ile 2 adet kontrol grubu ekmeği değerlendirecekleri bildirilmiş, puanlamanın; 9-10: Çok iyi, 7-8: İyi, 5-6: Orta, 3-4: Az kusurlu, 1-2: Kusurlu, şeklinde yapılması istenmiştir. Az kusurlu veya kusurlu puan verilen kriterlerin nedenlerini duyu analiz değerlendirme formunda bulunan “algılanan kusurlar” kısmına belirtmeleri istenmiştir.

3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmanın ürün geliştirme ve standardizasyonu aşamasında, farklı formülasyonlara sahip örneklerin analizlere ait ortalama değerleri ve standart sapmaları deneme planına uygun şekilde verilmiştir. Ham veriler SPSS (SPSS 21, IBM, ABD) istatistik değerlendirme programında % 5 önem seviyesine göre tek yönlü varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak değerlendirilmiştir.

Geliştirilen örneklerin depolama analizlerinde ise; örneklerin analizlere ait ortalama değerleri ve standart sapmaları deneme planına uygun şekilde verilmiştir. Aynı depolama dönemi içerisinde örnekler arasındaki farklılıklar ile her bir örneğin depolama dönemleri arasındaki farklılıklar SPSS (SPSS 21, IBM, ABD) istatistik değerlendirme programında % 5 önem seviyesine göre, iki yönlü varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak değerlendirilmiştir.

3.5. Günlük Besinsel İhtiyacı Karşılama Oranı

TOPSIS analizi ile seçilen en iyi ekmek örneğinin 100 g tüketilmesi ile günlük besin ihtiyacının ne kadarlık bir kısmının karşılanabildiği hesaplanmıştır. Bu amaçla çeşitli bileşenlerin yetişkin bir bireyin günlük ihtiyacını karşılayacak miktarlar; karbonhidrat, protein, yağ, doymuş yağ, enerji ve mineral maddeler için Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA)' nin, omega-3 ve 6 yağ asitleri için ise Amerikan Tıp Enstitüsü, Gıda ve Beslenme Kurulu' nun (IOM, FNB) referans değerleri temel alınmıştır (Anonymous, 2017c, 2017d).

Yetişkin bir bireyin günlük kalori ihtiyacı FDA tarafından ifade edilen 2000 Kcal olarak alınmıştır. Enerji hesaplaması için protein 4 Kcal/g, karbonhidrat 4 Kcal/g ve yağ 9 Kcal/g olarak alınmıştır (Anonymous, 2017c).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasının sonuçları iki ana başlıkta verilmiştir. Birinci kısımda hamsili mısır ekmeği standardizasyonu ve en iyi ekmek formülasyonunun tespiti için yapılan analizlerin sonuçları, ikinci kısımda ise tespit edilen en iyi formülasyon ile birlikte seçilen bazı formülasyonların raf ömrü analizlerinin sonuçları yer almaktadır.

4.1. Hamsili Mısır Ekmeği Standardizasyonu İçin Yapılan Analizler

4.1.1. Hammaddelerde yapılan analizler

Hamsili mısır ekmeği üretimde kullanılan hammaddelerin bazı kimyasal özelliklerini ortaya koymak için yapılan analizlere ait sonuçlar bu kısımda verilmiştir.

4.1.1.1. Hammaddelerde kuru madde, kül, yağ ve protein miktarı

Hammaddelerde yapılan kuru madde, kül, yağ ve protein analizlerinin sonuçları Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hammaddelerin kuru madde, kül, yağ ve protein miktarları

Örnek	Kuru madde (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)
Mısır Unu	88.98±0.15	0.57±0.02	1.91±0.07	8.21±0.34
Taze Hamsi	36.14±0.30	1.45±0.01	14.72±0.90	19.13±0.49
Kuru Hamsi	88.84±4.24	3.54±0.05	42.64±1.27	42.38±1.14
Kuru Soğan	10.90±0.50	0.47±0.02	0.44±0.12	0.77±0.02
Pırasa	6.94±0.13	0.60±0.03	0.39±0.11	2.04±0.08
Pazı	9.95±0.08	1.55±0.03	0.28±0.08	3.25±0.06
Maya	99.77±0.08	4.78±0.04	1.35±0.21	44.62±0.09
Ksantan Gam	93.08±0.77	9.22±0.56	-	6.64±0.38

Mısır ununun içerdiği kuru madde miktarı ile protein miktarı Özcan (2009)’ da mısır için verilen ortalama değerlerin içerisinde yer almaktadır. Ancak, mısır ununda yağ miktarı ile kül miktarı daha düşüktür. Un haline getirilen mısırdan öğütme sırasında ayrılan tanenin yağ deposu olan ruşeym ile mineral maddeler açısından zengin olan kabuk

tabakasının ayrılması nedeniyle mısır ununda yağ ve kül miktarı mısıra göre daha düşüktür.

Ekmeğe işlenen taze hamsinin kuru madde ve yağ içeriği, ülkemizde farklı dönemlerde avlanan hamsilerin ortalama kuru madde (% 26.1-34.1) ve yağ (% 9.0-15.3) değerleri ile uyumludur, kül miktarı daha az (% 1.7-2.2), protein miktarı (% 12.8-16.4) ise daha yüksektir (Boran vd, 2008). Taze hamsinin kül miktarı Üstün ve Turhan (1997)' in yaptıkları çalışma ile uyumludur (% 1.45-1.87). Ancak bu çalışmada bildirilen yağ (% 7.6-11.9) ve protein miktarından (% 16.3-17.7) daha yüksektir. Avlanma döneminin ve hamsilerin büyüklüklerinin yağ, kül ve protein içeriğine önemli derecede etki ettiği bilinmektedir (Üstün ve Turhan, 1997). Ekmek üretiminde kullandığımız hamsinin ise yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında daha yüksek protein ve yağa sahip olduğu görülmektedir.

Hamsilerin yaklaşık % 11 civarında su içerecek düzeye kadar kurutulmasıyla beklenildiği üzere kurutulmuş hamsinin kül, protein ve yağ oranı yaklaşık 2.5-3 kat artış göstermiş ve besleyici açıdan konsantre bir ürün haline gelmiştir (Çizelge 4.1).

Çalışmada kullanılan sebzelerin genel bileşimi literatürle karşılaştırıldığında; Abhayawick vd (2002) 3 soğan türünün kuru madde (% 8-17), protein (% 0.7-1.17), yağ (% 0.43-0.55) ve kül (% 0.4-0.58) içeriğini belirlemişlerdir. Bu sonuçlar HME üretiminde kullanılan kuru soğanın değerleri ile uyumludur. Pazının protein içeriği Daiss vd (2008)' nin bulduğu değerden (% 1.8-2.5) daha yüksektir. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı' na göre ise ortalama olarak pazının kuru maddesi % 7.5, protein içeriği % 1.44, kül miktarı % 1.38 ve yağ içeriği % 0.25' dir (Anonim, 2017g). Üretimde kullanılan pazının kuru madde ve protein içeriği daha yüksek, kül ve yağ içeriği ise yakın bulunmuştur. Pırasanın ortalama kuru madde içeriği % 10.1, protein içeriği % 0.26, kül % 0.57 ve yağ içeriği % 0.33 olarak bildirilmiştir (Anonim, 2017h). Üretimde kullanılan pırasanın kül ve yağ içeriği bu sonuçlarla uyumludur ve protein miktarı ise bu sonuçtan oldukça yüksektir.

Glutensiz kuru mayanın su içeriği çok düşük düzeyde belirlenmiştir. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı' na göre kuru mayanın ortalama olarak kuru maddesi % 94.74, protein içeriği % 39.14, kül miktarı % 5.04 ve yağ içeriği % 7.48' dir (Anonim, 2017i). Çalışmada kullanılan mayanın kuru madde, kül ve protein miktarı bu sonuçlar ile benzer, ancak yağ miktarı daha düşüktür bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan ksantan gamın kuru madde içeriği (% 93) ve kül miktarı (% 9.22) oldukça yüksektir. Kullanılan ksantan gamda yağ belirlenememiştir.

4.1.1.2. Hamsinin bazı kimyasal kalite özellikleri

Çizelge 4.2’ de hamsili mısır ekmeği üretiminde kullanılan hamsinin avlanıp temizlendikten ve kurutulduktan sonraki bazı kimyasal kalite özelliklerine ait değerler verilmiştir.

Çizelge 4.2. Hamsi filetosunun bazı kimyasal kalite özellikleri

Örnek	TBARS (mg MDA/kg)	TVB-N (mg/100g)	Peroksit Sayısı (meq O ₂ /kg yağ)	SYA (% Oleik asit)
Taze Hamsi	4.45±0.18	8.16±1.05	5.74±1.38	0.31±0.04
Kuru Hamsi	6.86±1.20	14.90±1.59	26.70±1.30	0.42±0.04

MDA: Malondialdehit; meq: Miliekivalen; SYA: Serbest yağ asidi

TBARS değeri donmuş ve taze et ile balık ürünlerinde yağ oksidasyonunun belirlenmesinde yaygın kullanılan bir parametredir. Tiyobarbiturik asit ile reaksiyona giren maddeler genellikle 3 ya da daha fazla çift bağ içeren yağ asitlerinin varlığında önemli miktarlarda oluşmaktadır (Wilkinson vd, 2001). TBARS değeri hamsilerin tazelik düzeyine göre değişim göstermektedir. Deniz ürünlerinin avlandıktan hemen sonra herhangi bir işleme tabi tutulmadan hızlıca analiz edilmesi TBARS değerinin düşük olmasını sağlamakta, uygulanan herhangi bir ısıtım işlemi veya depolamanın etkisiyle lipid oksidasyonu ve dolayısı ile bu değer hızlıca artış göstermektedir. Küçükgülmez (2011) taze hamsilerde TBARS değerini 1.81 mg MDA/kg olarak bulmuştur. Czerner vd (2011), tuzlanmış hamsi filetolarının TBARS değerini 0. gün için 4 mg MDA/kg olarak belirlemişlerdir. Tomac vd (2015) hamsi filetolara gama radyasyon uygulamadan önce TBARS değerini 6 mg MDA/kg olarak belirlemişlerdir. Balık yağında kabul edilebilir TBARS değeri 7-8 mg MDA/kg olarak bildirilmiştir (Boran vd, 2008). HME üretimi için temin edilen hamsi filetoların TBARS değerinin literatür ile uyumlu olduğu ve kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Deniz ürünlerinin dokularında biriken uçucu bazik azot miktarının belirlenmesiyle bozulma derecesini tahmin etmede yaygın olarak kullanılan TVB-N

değeri taze hamsi filetoda 8.16 mg/100g olarak belirlenmiştir. Küçükgülmez (2011) ise hamsi filetoda 16.44 mg/100g olarak bildirmiştir. TVB-N değerinin genel olarak değerlendirilmesinde 25 mg/100g' a kadar TVB-N içeren örnekler “çok iyi” olarak değerlendirilmektedir (Varlık vd, 1993).

Peroksit değeri, erken dönem lipid oksidasyonunun belirlenmesinde yararlı bir yöntemdir. Lipid oksidasyonunun birincil ürünleri olan hidroperoksitler daha sonra peroksitlere dönüşürler (Yerlikaya vd, 2005). Taze hamsi filetoda peroksit değeri 5.74 ± 1.38 meq O₂/kg olarak belirlenmiştir. Turhan vd (2009) ve Boran vd (2008) taze hamside peroksit değerini 5 meq O₂/kg civarında tespit etmişlerdir. Shiriskar vd (2010) ise taze hamsilerde peroksit değerini 2.22-4.29 meq O₂/kg aralığında belirlemişlerdir. Balık yağında kabul edilir peroksit düzeyi de 20 meq O₂/kg olarak kabul edilmektedir (Shah vd, 2009). Üretimde kullanılan taze hamsinin yağındaki peroksit değeri kabul edilir sınırlar içerisindedir.

SYA, yağ için önemli bir kalite indeksidir ve sürekli olarak yağda ve yağlı ürünlerde raf ömrünü takipte parametre olarak kullanılmaktadır. SYA' nın yüksek bulunması veya artması, oksidasyon stabilitesinin düşmesi anlamına gelir. Bu da yağın acılaşmaya başlayacağını önemli göstergelerinden biridir. SYA, trigliserit yapıdan yağın çeşitli faktörlerle hidrolize olmasının bir neticesidir (Ozogul vd, 2010). Taze hamsi filetoda SYA % 0.31 ± 0.04 oleik asit olarak bulunmuştur. Bu değer, Türk sularından avlanan hamsilerde yapılan bir çalışmada % 0.98 olarak bulunmuştur (Ustun vd, 1997). Shiriskar vd (2010), Bensid vd (2014) ve Aydın ve Gokoglu (2014) hamsilerin depolama öncesi SYA miktarını sırasıyla % 0.48-1.04, % 1.78 ve % 1.33 olarak belirlemişlerdir. Yapılan çeşitli çalışmalar incelendiğinde, üretimde kullanılan taze hamsi filetonun serbest yağ asidi içeriği oldukça düşüktür.

Isıl işlemlerin ve fırınlama, kızartma, mikrodalga pişirme, buharda pişirme, ızgarada pişirme, dumanlama gibi işlemlerin lipid oksidasyonunu artırıcı etkisi olduğunu ve serbest yağ asidi, peroksit değeri ve TBA değerlerinde artışa neden olduğunu ortaya koyan çok sayıda çalışma mevcuttur (Al-Saghir vd, 2004; Tokur, 2007; Bakar vd, 2008; Turkkan vd, 2008; Turhan vd, 2011). Kurutma işleminde hamsi filetolarına uygulanan ısıl işlemin ve hava akımı sırasında oksijen ile temasının artmasının etkisiyle, beklenildiği üzere hamsi örneklerinin kimyasal kalite özelliklerinde bir miktar düşüş tespit edilmiştir. Ancak TBARS ve TVB-N değerlerindeki artışın Çizelge 4.1' de verilen kurutulmuş hamside artan kuru madde

oranından kaynaklandığı, dolayısıyla uygulanan kurutma işleminden bu değerlerin fazla etkilenmediği görülmektedir. Peroksit değeri hariç diğer analizlerde sonuçlar kabul edilir sınırları da aşmamıştır.

Kurutulmuş hamside peroksit değerinin yükseldiğine yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur. Shah vd (2009) yaptıkları çalışmada kurutulan ringa balığı filetolarında peroksit değerinin yaklaşık 17 °C’ de elektrikli fan yardımı ile 10 günlük kurutma sonucunda 5.52 meq O₂/kg’ dan 11.86 meq O₂/kg yükseldiğini belirlemişlerdir. Japonların geleneksel ürünlerinden olan kaynatılıp (90-95 °C’ de 5 dakika) kurutulmuş (25 °C’ de 50 saat) hamside (niboshi) yapılan bir çalışmada peroksit sayısı 217 meq O₂/kg olarak bulunmuştur. Lipid oksidasyonunun bu işlemler sırasında meydana geldiğini bildirmişlerdir (Takiguchi, 1996).

4.1.2. Ekmek örneklerinde yapılan analizler

Tez çalışmasının birinci kısmı olan hamsili mısır ekmeği üretiminin standardizasyonu çalışmasında, örneklerin çeşitli fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerinin ortaya konulmasına yönelik yapılan analizlerin sonuçları bu kısımda ele alınmıştır.

4.1.2.1. Ekmek örneklerinde kuru madde, kül, yağ ve protein miktarı

Ekmek örneklerine ait kuru madde, kül, yağ ve protein miktarlarına ait bulgular Çizelge 4.3’ de verilmiştir.

Ekmek örneklerinin kuru madde, kül, yağ ve protein değerleri arasındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ksantan gam içermeyen örneklerde hamsi unu oranı arttıkça kuru madde miktarı da artış göstermiştir. Her ne kadar sadece hamsi unu içeren örneklerde bulunan yüksek su içeriğine sahip sebzeler (Çizelge 4.1) kuru madde miktarındaki artışı kısıtlasa da, hamsi unu sahip olduğu yüksek protein, yağ ve kül miktarı ile kuru madde miktarının artması sağlamıştır.

Ksantan gam içeren örneklerde ise hamsi unu oranı % 10 olan örneklerin (H10-G1.5) kuru madde miktarı H0-G1.5 örneğine göre düşüş göstermiştir. Hamsi unu oranı arttıkça kuru madde oranı tekrar artmaya başlamıştır, ancak bu artış ile kuru madde miktarı H0-G1.5 örneklerinden istatistiksel açıdan farklı olmamıştır ($p>0.05$). Ksantan gamin yüksek su bağlama kapasitesi sayesinde örnek hamurlarındaki suyun

pişirme işlemi sırasında daha fazla muhafaza edilerek buharlaşmasının önlendiği tespit edilmiştir. Böylece su oranı arttığı için tekstürel olarak daha yumuşak bir ekmek elde edilmiş, aynı zamanda ticari olarak da daha avantajlı bir ürün geliştirilmiştir.

Çizelge 4.3. Ekmek örneklerine ait kuru madde, kül, yağ ve protein miktarları

Örnek	Kuru madde (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)
H0-G0	52.33±2.22 c	2.45±0.04 f	1.15±0.14 f	4.52±0.29 e
H10-G0	55.32±2.73 b	2.57±0.03 e	3.37±0.28 e	5.88±0.21 d
H20-G0	56.39±0.39 b	2.99±0.09 c	5.87±0.58 d	8.00±0.37 c
H30-G0	60.68±2.06 a	3.06±0.03 c	7.36±0.18 c	9.47±0.27 b
H40-G0	62.83±0.17 a	3.24±0.05 b	9.64±0.44 a	10.91±0.56 a
H0-G1.5	54.93±0.70 b	2.70±0.01 d	1.13±0.16 f	4.03±0.28 e
H10-G1.5	51.81±0.14 c	3.18±0.07 b	3.81±0.35 e	6.12±0.54 d
H20-G1.5	54.67±0.87 b	3.19±0.07 b	5.46±0.27 d	7.67±0.34 c
H30-G1.5	55.41±0.25 b	3.38±0.06 a	7.37±0.19 c	9.00±0.41 b
H40-G1.5	56.99±0.47 b	3.41±0.10 a	9.09±0.16 b	10.80±0.42 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p<0.05), ± ortalamanın standart sapmasıdır

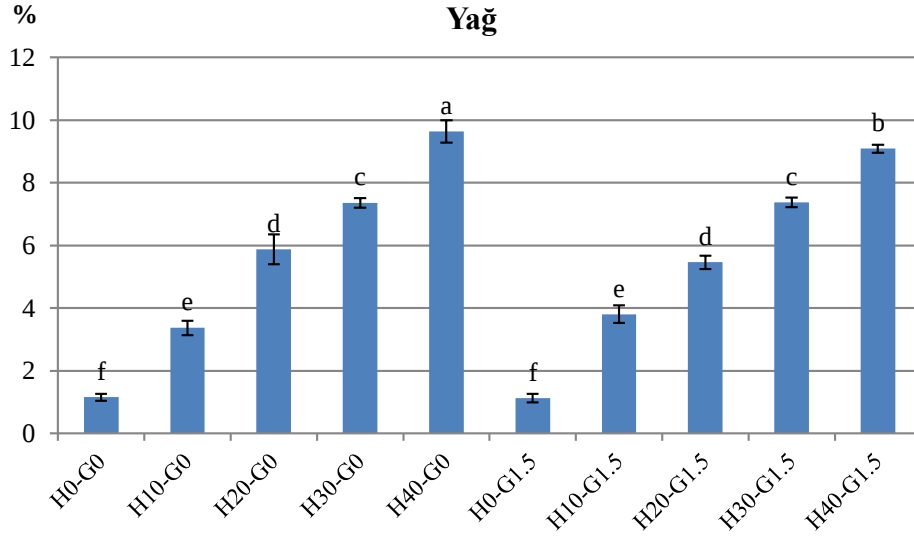
Edema (2011), mısır unundan yapılan farklı starter kültürler içeren ekşi hamur ekmeğinde kuru madde miktarını yaklaşık % 69 olarak belirlemiştir. Bu değer tüm ekmek örneklerinden daha yüksektir. Hem işlem şartlarının farklı olmasının hem de pişirme süresinin düşük sıcaklıkta (160-180 °C) uzun süre (40-45 dakika) yapılmasının örneğin daha fazla kurummasına ve dolayısıyla yüksek kuru madde miktarına sahip olmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Suudilerin geleneksel mısır ekmeğinde yapılan bir çalışmada, ekmeğin kuru madde içeriği % 56 civarında bulunmuştur (Al-Kanhal vd, 1999). Bu sonuç, tez çalışmasında hamsi ve sebze karışımı içermeyen H0-G0 ve H0-G1.5 ekmekleriyle yakındır.

HME örneklerindeki kül miktarı hamsi unu oranı arttıkça artış göstermiştir. Çizelge 4.3' de görüldüğü gibi kurutulmuş hamsi ununun sahip olduğu yüksek kül miktarı ekmek örneklerinde de gözlemlenmiştir. Ksantan gam içeren örneklerin kül miktarları ise aynı oranda hamsi unu içeren ancak gam içermeyen örnekler ile karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak da daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Ksantan gamın sahip olduğu yüksek inorganik madde içeriği bu sonucun ortaya

çıkmasında etkili olmuştur. Kontrol grubu ekmekleri olan H0-G0 ile H0-G1.5 örneklerinde kül miktarı sırasıyla % 2.45 ± 0.04 ile % 2.70 ± 0.01 bulunmuştur. Starter kültürler ile üretilen mısır ekmeğinde yapılan bir çalışmada kül miktarı % 2.43 ile 2.54 arasında bulunmuştur (Sanni vd, 1998). Ksantan gam içeren kontrol ekmeklerinde kül miktarı bu çalışma sonuçlarından yüksektir, ancak gam içermeyen örneğin sonucu benzerdir. Hamsili kekin özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada çeşitli bileşenler ile hamsi filetosu ilave edilen keklerde kül miktarı % 1.05 olarak belirlenmiştir (Inanli vd, 2011). Bildirilen sonuçlar hamsi unu içeren ekmek örnekleri ile kıyaslandığında oldukça düşüktür. Söz konusu çalışmada hamsinin kurutulmadan ve kılçıkları ayrılmış olarak ilave edilmesinin hem kuru madde miktarının hem de kül miktarının da daha düşük bulunmasına neden olacağı düşünülmektedir.

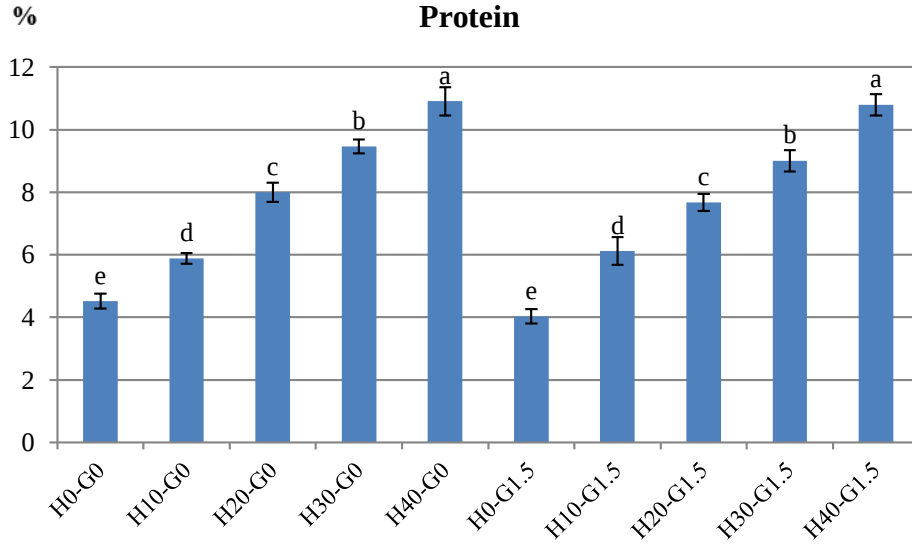
Ekmek örneklerinin yağ miktarlarındaki değişim Şekil 4.1’ de verilmiştir. Fırın ürünlerinde yağ miktarı kullanılan malzemeler ve formülasyona bağlı olarak değişmektedir. Dışarıdan bir yağ ilavesi olmadıktan sonra ekmek gibi rafine unlardan elde edilen fırın ürünlerinin yağ miktarları genellikle düşük olmaktadır. İlave olarak yağ katılmadan üretilen ekmeklerde yapılan bir çalışmada; beyaz ekmek (% 70 randımanlı un), kahverengi ekmek (% 85 randımanlı un), mısır ekmeği (% 75 randımanlı un), çavdar ekmeği (tam çavdar unu) ve nohut ekmeğinde yağ oranı kuru maddede sırasıyla % 0.41, % 1.26, % 3.70, % 1.39 ve % 0.51 olarak belirlenmiştir (Pasqualone vd, 2004). Bu değerlerden de anlaşılabileceği gibi yağ miktarı yüksek hammaddelerin ve randımanı yüksek unların ekmeklerinde yağ oranı artış göstermektedir. Tez çalışmasında mısır unu ruşeymi ayrılmış olarak kullanıldığı için yağ oranı kontrol ekmeklerinde düşüktür. Ekmek örneklerinde yağ oranı hamsi ununun yüksek yağ içeriğinden dolayı hamsi unu oranı arttıkça artış göstermiştir. Kontrol grubu örnekleri ile kıyaslandığında % 40 hamsi unu içeren örneklerde bu artış yaklaşık olarak 9 katı bulmuştur. Aynı zamanda bu artış hayvansal yağlar arasında en kıymetli yağ olan balık yağı ile gerçekleşmiştir. Bu durum ürünün enerji içeriğini arttırmakla birlikte besinsel kalitesini de yükseltmiştir. Aynı oranda hamsi unu içeren ksantan gamlı ve ksantan gamsız örneklerin yağ içerikleri arasında genel olarak istatistiksel bir fark gözlemlenmemiştir, ancak H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri arasında istatistiksel fark ($p < 0.05$) bulunmaktadır. Bu farklılığın sebebi H40-G1.5 örneğinde bulunan ksantan gamın yüksek su tutma kapasitesinden dolayı kuru madde

içeriğinin H40-G0 örneğine göre önemli ölçüde düşük olması ve dolayısı ile yağ içeriğinin de daha düşük tespit edilmesine bağlanabilir.



Şekil 4.1. Ekmek örneklerinin yağ miktarları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

Ekmek örneklerinin protein miktarlarındaki değişim Şekil 4.2’ de verilmiştir. H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde protein miktarı sırasıyla % 4.52 ± 0.29 ve % 4.03 ± 0.28 olarak bulunmuştur. Mısır unundaki protein miktarı genel olarak ekmeklik buğdaydan ve diğer tahıllardan bir miktar daha düşük olduğu için mısır ekmeğindeki protein miktarı da genelde diğer ekmeklerden düşük olmaktadır. Pasqualone vd (2004), buğday, mısır, çavdar ve nohuttan ürettikleri ekmeklerde protein miktarını kuru maddede % 9.1 ile % 11.8 arasında belirlemişlerdir. Ancak en düşük protein oranı mısır ekmeğinde kaydedilmiştir. Ekmek örneklerindeki kuru madde miktarı dikkate alındığında, kontrol grubu ekmeklerinin protein miktarı bu çalışma ile benzerlik göstermiştir. Bir başka mısır ekmeğinde ise protein miktarı % 6.6 olarak belirlenmiştir (Al-Kanhal vd, 1999). Bu sonuç kontrol grubu ekmeklerinden yüksektir. Söz konusu farklılığa son ürünün nem miktarı, kullanılan mısır çeşidi gibi faktörlerin sebep olabileceği düşünülmektedir. Ekmek örneklerinin protein miktarları incelendiğinde; hamsi ununun yüksek protein içeriği sayesinde, hamsi unu oranı arttıkça protein miktarı artış göstermiş ve % 40 hamsi unu içeren örneklerde yaklaşık olarak 2.5 kat arttığı ve % 10 civarına yükseldiği görülmüştür.



Şekil 4.2. Ekmek örneklerinin protein miktarları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

Çölyak hastalarının mineral maddeler, protein ve besinsel lifler gibi önemli besin öğeleri açısından yeterli beslenemediği bildirilmiştir (Kupper, 2005). Kontrol grubu mısır ekmeklerine göre hamsili mısır ekmeklerinde hamsi unu oranına bağlı olarak; kül, protein ve yağ miktarı önemli ölçüde artmış ve hamsi ununun katkısı ile mısır ekmeğinin besinsel kalitesi önemli derecede iyileştirilmiştir.

4.1.2.2. Ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim sonuçları

Ekmek örneklerinin pişirme işleminden sonraki ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

Eşit sürelerde pişirilen ekmek örneklerine ait ağırlık değerleri incelendiğinde, örnek ağırlıkları arasında istatistiksel açıdan farklar olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Örneklerdeki hamsi unu oranı arttıkça ekmek ağırlığının genel olarak arttığı gözlenmiştir. Özellikle hamsi unu oranı arttıkça, artan protein miktarı ile proteinlerin su bağlama kapasitesinin etkisiyle hamurun su tutma kapasitesinin artmasının bu sonuca sebep olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda yüksek yağ oranının bir film tabakası oluşturarak suyun buharlaşmasının kısmen önüne geçtiği de öngörülebilmektedir. H0-G0 ile H10-G0 örnekleri ve H0-G1.5 ile H10-G1.5 örneklerinin ekmek ağırlığı değerleri kıyaslandığında aralarında istatistiksel bir fark olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). % 10 oranında hamsi unu içermelerine karşın

pişmiş örneklerde ağırlık artışı gözlenmemesine sebep olarak hamsi unu içeren örneklerde formülasyona ilaveten katılan sebze karışımının neden olduğu düşünülmektedir. Sebze karışımının sahip olduğu yüksek su miktarı (Çizelge 4.1) ile buharlaşabilecek su miktarını kontrol gruplarına göre artırmaktadır ve hamurda oluşturduğu yapısal boşluklar nedeniyle suyun buharlaşmasını da kolaylaştırdığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri

Örnek	Ekmek Ağırlığı (g)	Ekmek Hacmi (mL)	Spesifik Hacim (mL/g)
H0-G0	125.24±3.26 e	196.67±5.77	1.59±0.05 a
H10-G0	125.54±3.91 e	200.00±10.00	1.59±0.03 a
H20-G0	130.12±2.49 d	196.67±5.77	1.48±0.03 b
H30-G0	132.96±1.70 cd	193.33±5.77	1.47±0.05 bc
H40-G0	133.66±1.35 cd	200.00±0.00	1.50±0.02 b
H0-G1.5	134.11±2.54 cd	196.67±5.77	1.48±0.04 b
H10-G1.5	137.78±2.48 bc	206.67±5.77	1.49±0.02 b
H20-G1.5	138.73±3.57 ab	200.00±10.00	1.45±0.03 bc
H30-G1.5	139.15±1.50 ab	206.67±5.77	1.45±0.03 bc
H40-G1.5	141.44±2.46 a	196.67±5.77	1.42±0.03 c

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır

Ksantan gam içeren örneklerin ağırlıkları ise gam içermeyen örneklerden genel olarak daha yüksektir. Daha öncede ifade edildiği gibi ksantan gamın yüksek su tutma kapasitesi sayesinde pişme işlemi sırasında buharlaşan su miktarının daha az olduğu düşünülmektedir. Bu sonuç daha önce belirtilen ksantan gam ilavesinin örneklerin kuru madde miktarını düşürmeye yönelik yaptığı etkiyle de paralellik göstermektedir. En yüksek pişmiş ekmek ağırlığına 141.44±2.46 g ile H40-G1.5 örneklerinin sahip olduğu ve pişme öncesinde kalıplara alınan hamur miktarının 160 g olduğu göz önüne alındığında, pişme kaybının sadece % 11.6 olduğu tespit edilmiştir. H40-G0 örneklerinde pişme kaybı % 16.46, H0-G0 örneklerinde ise % 21.73'e kadar yükselmiştir. Ticari olarak değerlendirildiğinde, ksantan gam ilavesi ile üretici için daha avantajlı bir ürün elde edilmiş olmaktadır.

Mayalı ürünlerde hacim artışını sağlayan en önemli etkenler; fermantasyon veya kimyasal kabartıcılar ile oluşan CO₂ gazı ve bu gazın ürünlerin yapısında oluşan ağlar içerisinde tutulabilmesidir. Yapılan ön denemelerde maya kullanılmadan üretilen ekmek örnekleri mayalı olanlardan daha hacimsiz, gözeneksiz ve kaba bir yapıda olmuştur. Bu nedenle çalışmada gluten içermeyen kuru maya kullanılmıştır. Ekmek örnekleri ön denemelerle belirlenen süre ve sıcaklıkta fermente edilmelerine karşın, oluşan gazın ekmek yapısında tutulabilmesini sağlayacak gluten ağları olmadığı için hacim artışı yüksek olmamıştır. Çünkü hamur üzerinde oluşan yarı ve çatlaklardan gaz çıkışı olmaktadır. Bu nedenle ekmeklerin hacim değerleri arasında istatistiksel bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Literatürde ksantan gam kullanımının CO₂ gazının tutulmasına yardım ederek ekmek hacminin artmasını sağladığına yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur (Gomez vd, 2007; Turabi vd, 2008; Sciarini vd, 2010a; Preichardt vd, 2011). Ancak çalışmamızda ksantan gam kullanımının ekmeklerin hacimleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı kaydedilmiştir. Ksantan gam kullanılan ekmeklerin tekstürel özelliklerinde önemli değişiklikler tespit edilmesine karşın gluten varlığında gluten ağlarının oluşturduğu yapıyı ksantan gam oluşturmadağı için hacmin gam içermeyen örneklere göre önemli ölçüde ($p>0.05$) değişmediği düşünülmektedir.

Ekmek örneklerine ait spesifik hacim değerleri incelendiğinde, örnekler arasında istatistiksel olarak farklılıklar olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Spesifik hacim değeri ekmeğin birim ağırlığına karşılık gelen hacimdir. Bu değerın yükselmesi mayalı ürünlerde oluşan gazın yapıda tutulabilmesiyle mümkün olmaktadır. İyi fermente olmuş uygun yapıdaki ürünlerde spesifik hacim değeri daha yüksek olmaktadır. Spesifik hacim değeri eşit ekmek ağırlığına sahip ürünlerde daha önemli ve anlamlıdır. Yapılan çalışmalarda glutensiz olarak geliştirilen ekmek örneklerinin spesifik hacim değerinin de genel olarak buğday ekmeğinden düşük olduğu bildirilmiştir (Sciarini vd, 2010b; Buresova vd, 2014). Mısır ekmeği de daha yoğun karakterli ve düşük spesifik hacim özellikleri ile bilinmektedir (Brites vd, 2010). Ekmek ağırlığı en düşük olan H0-G0 ve H10-G0 örneklerinin spesifik hacim değerlerinin en yüksek olduğu Çizelge 4.4' de görülmektedir. Örneklerin hacim değerleri arasında istatistiksel bir fark tespit edilemediğinden en düşük ekmek ağırlığına sahip örneklerin spesifik hacim değerleri daha yüksek olmuştur. Ekmek ağırlığı yüksek olan H40-G1.5, H30-G1.5, H20-G1.5 ile H30-G0 örneklerinin

spesifik hacim sonuçları ise daha düşük bulunmuştur. H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin spesifik hacim değerleri sırasıyla 1.59 ± 0.05 ve 1.48 ± 0.04 mL/g bulunmuştur. Ksantan gam kullanımının ekmeklerin spesifik hacimlerinde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında düşüşe sebep olduğu görülmektedir. Bu düşüş gam kullanımı ile su bağlama kapasitesinde yaşanan artışa ve bu sebeple artan ekmek ağırlığına karşın hacimde önemli bir artış yaşanmamasından kaynaklanmaktadır.

Ksantan gam kullanımının glutensiz ekmek örneklerinde karragenan, karboksi metil selüloz (CMC), aljinat ve jelatin gibi hidrokolloidler ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, ksantan gam kullanımının ekmek hacmi ve spesifik hacim üzerine diğer gamlardan daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Ksantan gam kullanılan glutensiz ekmeğin spesifik hacim değerinin 2.9 mL/g' a kadar yükseldiği bildirilmiştir (Sciarini vd, 2010a). Glutensiz ekmek formülasyonlarına gam kullanımının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise % 1-2 aralığında ksantan gam kullanılan mısır nişastası ve pirinç unu ile üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin gam kullanılmayan kontrol grubundan farklı olmadığı bildirilmiştir (Sabanis ve Tzia, 2011a). Fermente ve hidrokolloid olarak karboksimetil selüloz kullanılmış mısır ekmeğinde yapılan bir çalışmada spesifik hacim 1.22 mL/g olarak belirlenmiştir (Basso vd, 2015). Mısır ekmeğinde yapılan başka bir çalışmada ise bu değer 1.35 mL/g olarak belirlenmiştir (Renzetti vd, 2008). Bu sonuçlar tez çalışmasındaki tüm örneklerden daha düşüktür. Kullanılan mısır unu çeşidi, fermentasyon koşulları ve pişirme süresinin bu farklılığa yol açtığı düşünülmektedir.

4.1.2.3. Ekmek kabuk ve iç rengi sonuçları

Ekmek örneklerinin kabuk ve iç kısmının renklerini ve değişimlerini gösteren L , a , b ve ΔE değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Birçok gıda grubunda olduğu gibi fırın ürünlerinin renk özellikleri; tüketici tercihi, tekstür, aroma gibi özellikler ile olan ilişkisinden dolayı önemli bir parametredir. Hammadde ve yardımcı maddelerin yanısıra, indirgen şeker ve amino asit miktarı, su içeriği, pH gibi fizikokimyasal özellikler ile pişme süresi, pişme sıcaklığı ve pişirme yöntemi gibi faktörler renk özelliklerini etkilemektedir (Sabanis ve Tzia, 2011a).

Çizelge 4.5. Ekmek kabuk ve iç rengi değerleri

Örnek	Kabuk Rengi				İç Rengi			
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	ΔE	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	ΔE
H0-G0	76.65±3.93 b	5.25±0.16 f	35.92±3.89 b	-	76.68±2.23 a	6.54±0.95 a	51.47±1.71 a	-
H10-G0	57.22±2.88 d	8.95±0.64 e	37.55±3.16 b	20.01±2.96 e	61.86±0.82 c	4.61±0.21 cde	39.63±1.43 c	18.79±1.32 d
H20-G0	47.06±1.02 e	12.52±0.77 d	45.09±0.44 a	31.83±1.00 d	57.92±1.47 d	4.99±0.21 bcd	36.84±0.65 d	23.75±0.70 bc
H30-G0	39.03±1.22 g	17.60±0.82 b	46.06±0.37 a	40.87±1.44 b	56.12±0.58 d	5.23±0.21 bcd	35.64±0.70 de	25.16±0.72 b
H40-G0	33.93±0.46 h	18.80±0.67 a	43.03±0.99 a	45.39±0.46 a	53.35±0.70 e	5.57±0.29 abc	34.69±0.70 de	28.24±0.82 a
H0-G1.5	84.06±0.91 a	2.07±0.27 g	25.80±1.29 d	12.95±1.54 g	75.77±0.62 a	6.22±0.60 ab	47.30±0.49 b	4.42±0.63 e
H10-G1.5	70.36±1.84 c	4.55±0.39 f	30.54±1.30 c	8.50±0.50 h	66.12±0.62 b	3.66±0.06 e	36.17±0.19 de	18.20±0.54 d
H20-G1.5	60.04±0.84 d	8.35±0.37 e	31.30±2.23 c	17.60±1.23 f	60.49±0.42 c	4.28±0.16 de	34.90±1.40 de	22.94±1.07 c
H30-G1.5	48.19±0.59 e	13.11±0.32 d	37.63±0.66 b	29.58±0.69 d	57.91±1.13 d	4.74±0.36 cde	33.94±0.96 e	25.46±1.18 b
H40-G1.5	43.74±0.77 f	15.04±0.72 c	38.70±0.14 b	34.45±0.84 c	52.82±3.52 e	6.28±1.39 ab	35.79±2.27 de	27.55±1.71 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır

Ekmek örneklerine ilave edilen farklı oranlarda hamsi unu ile sebze karışımlarının etkisiyle hem kabuk hem de iç renk parametrelerinde beklendiği üzere önemli değişimler olmuştur ($p<0.05$). Ekmek kabuğunun açıklık-koyuluk (L) değeri hamsi unu oranı arttıkça önemli ölçüde azalma göstermiştir. En yüksek L değerine 84.06 ± 0.91 ile H0-G1.5 sahipken, en düşük L değeri 33.93 ± 0.46 ile H40-G0 örneğinde tespit edilmiştir. Hamsi koyu renkli ete sahip bir balık çeşidi olduğu için ekmek örneklerinin hamsi unu oranı arttıkça koyulaşması beklenen bir durumdur. Ekmeğe katılan hamsi unu fileto halinde derisi ve kılçıkları da üzerinde olan bir şekilde kurutulup öğütülerek elde edildiği için koyu renktedir. H0-G0 ile H0-G1.5 örneklerinin L değerleri sırasıyla 76.65 ± 3.93 ve 84.06 ± 0.91 ’ dir. Farklı mısır çeşitlerinden yapılan geleneksel bir ekmek çeşidinde L değeri 65 ile 71 arasında bulunmuştur (Brites vd, 2010). Geleneksel ekmeğin üretim şekli ve hammadde farklılıkları nedeniyle L değeri tez çalışmasındaki sonuçlardan farklıdır.

Ksantan gam ilave edilen örneklerin L değerleri, aynı oranda hamsi unu içeren ancak ksantan gam içermeyen örnekler ile kıyaslandığında daha yüksektir ($p<0.05$). Kontrol grupları arasında bu fark daha da belirgindir. Kontrol grupları arasındaki renk farkı, görsel olarak da fark edilmekle birlikte H0-G1.5 örneklerinde pişmiş ürün rengi oluşmamakta hatta ürün rengi açılmaktadır. Ekmek örneklerine ait görseller EK 1’ de verilmiştir. Ksantan gam kullanımının glutensiz ekmeklerin L değerlerinde artışa sebep olduğu Sabanis ve Tzia (2011a) tarafından da kaydedilmiştir. Ksantan gam kullanımının özellikle kontrol grubunda bu şekilde bir etki göstermesi öngörülen bir durum olmamakla birlikte, pişmiş ürün rengi oluşumuna yol açan en önemli reaksiyon olan maillard reaksiyonunu bir miktar önlediği düşünülmektedir.

Ksantan gamın Maillard reaksiyonu oluşumunu azalttığına dair bir kanıt olarak Li vd (2015)’ nin yaptığı çalışma örnek gösterilebilir. Çalışmada soya protein izolatları ile farklı konsantrasyonlarda glikoz veya ksantan gam varlığının Maillard reaksiyonunun bir aşaması olan glikozilasyon üzerine etkisini incelemişlerdir. Glikozilasyon yüzdesinin ksantan gam kullanılan örneklerde glikoz kullanılan örneklere göre daha düşük oranda olduğu bildirilmiştir. Benzer durumun ksantan gam içeren ekmek örneklerinde de yaşandığı için pişmiş ürün rengi oluşumunu azalttığı düşünülmektedir.

Ekmek kabuklarının kırmızılık (a) değerleri arasında da önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek a değeri H40-G0 örneğinde (18.80 ± 0.67), en düşük a değeri ise H0-G1.5 örneğinde (2.07 ± 0.27) ölçülmüştür. Hamsi unu oranı arttıkça ekmek kabuklarının kırmızılık değeri artış göstermiştir. Ksantan gam kullanımının ekmek kabuğunun kırmızılık değerine etkisi de önemli düzeyde olmuştur ($p<0.05$). Gam kullanılan örneklerin a değeri aynı oranda hamsi unu içeren diğer örneklerden daha düşüktür. Ksantan gam kullanımının ekmeğin kabuk renginin oluşmasını önleyici etkisi a değerinin de düşmesini sağlamıştır.

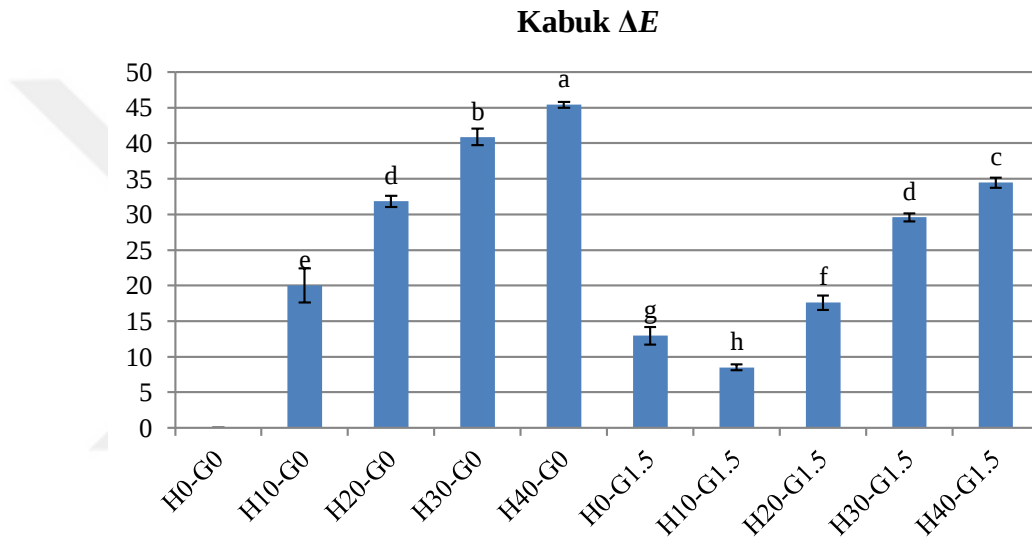
Ekmek örneklerindeki en yüksek sarılık (b) değeri H20-G0, H30-G0 ve H40-G0 örneklerinde ölçülmüştür ($p<0.05$). Örneklerdeki hamsi unu oranı arttıkça b değerlerinde artış gözlenmiştir. Ksantan gamın ekmeğin kabuk renginin oluşmasını önleyici etkisi sebebiyle ekmek kabuğunun sarılık değerine etkisi önemli düzeyde olmuştur ($p<0.05$). Gam kullanımı ile örneklerin b değerleri aynı oranda hamsi unu içeren diğer örnekler ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde düşmüştür ($p<0.05$). Ekmek kabukları arasında en düşük b değeri H0-G1.5 örneğinde belirlenmiştir.

Mısır ve mısır unu sarı renk ile karakterizedir ve mısır unu içeren ekmeklerde yapılan çalışmalarda bu durum vurgulanmıştır (Pasqualone vd, 2004; Sabanis ve Tzia, 2009; Pagliarini vd, 2010). Hamsi unu oranı arttıkça b değerinde artış gözlenmesi ise hamsi unu ilavesi ile artan maillard reaksiyonu sonucu oluşan pişmiş ürün renginden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Akbaş Büyükkiz (2000) değişik oranlarda buğday unları katılarak yapılan kompres mayalı mısır ekmeklerinin renk özelliklerini incelemiştir. Kontrol grubu tava mısır ekmeğinin L değerini 79.45, a değerini 0.02 ve b değerini 36.49 olarak belirlemiştir. H0-G0 ekmeğinde L , a ve b değerleri sırasıyla 76.65 ± 3.93 , 5.25 ± 0.16 ve 35.92 ± 3.89 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar a değeri dışında bu çalışmadaki mısır ekmeği ile oldukça benzer bulunmuştur.

ΔE değeri; referans noktası olan bir örneğe göre başka bir örneğin renk değişimini ifade etmektedir. ΔE değeri ne kadar küçükse örneğin rengi referans örneğine o kadar yakındır demektir. Hamsili mısır ekmeği üretiminde ΔE değerini hesaplayabilmek için referans noktası olarak hamsi unu, sebze karışımı ve ksantan gam içermeyen H0-G0 kontrol grubu esas alınmıştır. Ekmek kabuk renginin ΔE değerleri Şekil 4.3' de gösterilmiştir. Bu verilere göre ekmek kabuğu ΔE değeri en

düşük olan yani referans örneğine göre renk değişimi en az olan örnek H10-G1.5 olarak bulunmuştur. Onu H0-G1.5 ve H20-G1.5 takip etmiştir. Hamsi unu oranı arttıkça ΔE değeri de önemli ölçüde yükselmektedir ($p<0.05$). En yüksek ΔE değerine sahip olan örnek ise H40-G0' dır. % 10 oranında hamsi unu ve aynı zamanda sebze karışımı içeren örneğin (H10-G1.5) ΔE değerinin hamsi unu ve sebze karışımı içermeyen örnekten (H0-G1.5) düşük çıkması dikkat çekicidir. Ksantan gamın ekmeğin kabuk rengi üzerine yaptığı beyazlatıcı etkinin % 10 oranında balık unu ve sebze karışımının yaptığı etkiden daha yüksek olduğu sonucunu doğurmaktadır.



Şekil 4.3. Ekmek kabuk renginin ΔE değerleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

Pagliarini vd (2010) çeşitli formülasyonlar ile ürettikleri glutensiz ekmeklerde en yüksek ΔE değerine sahip örneğin en düşük protein içeriğine sahip olan örnek olduğunu belirlemişlerdir. Düşük protein oranından dolayı Maillard reaksiyonunun daha az gerçekleştiği, L değerinin diğer örneklerden daha yüksek, a ve b değerlerinin ise daha düşük olduğunu dolayısıyla ΔE değerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer durum bu çalışmadaki ekmek örneklerinde de gözlenmiştir.

Ekmeklerin iç kısmının renk değerleri incelendiğinde; hamsi unu oranı arttıkça L değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. İstatistiksel olarak en yüksek L değerlerine H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri sahipken, en düşük L değerlerine ise H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri sahiptir. Ekmek iç rengi değerlerinin kullanılan hammaddelerle direkt

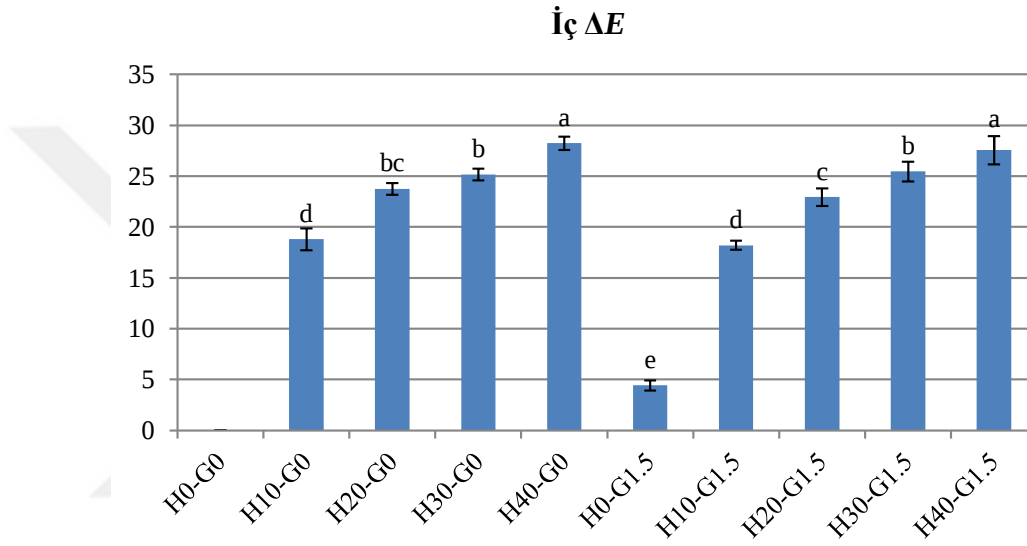
olarak ilişkili olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Sabanis ve Tzia, 2009; Oladunmoye vd, 2010; Pagliarini vd, 2010).

Ksantan gam kullanımının ekmek için renk özellikleri üzerine etkisi kabuktaki gibi belirgin olmamıştır. % 10 ve % 20 oranında hamsi unu içeren örneklerde, gam kullanımı ile *L* değerleri, gam kullanılmayanlara göre daha yüksek bulunmuşken ($p<0.05$), % 0, % 30 ve % 40 oranında hamsi unu içerenler arasında fark gözlenmemiştir. Sabanis ve Tzia (2011a) % 1-2 arasında ksantan gam kullanılan glutensiz ekmek içindeki *L* değerlerinin gam içermeyen kontrol ekmeklerinden farklı olmadığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlar, ksantan gamın ürün iç renginde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Ayrıca pişmiş ürün rengi oluşumu üzerine daha fazla etki ettiği ve oluşumunu engellediği düşüncesini de güçlendirmektedir. Çünkü fırın ürünlerinin iç kısmında sıcaklığın genellikle 100 °C' yi geçmemesinden ve ısıyla doğrudan temas olmamasından dolayı Maillard reaksiyonu pek gerçekleşmemekte ve herhangi bir esmerleşme gözlenmemektedir.

Ekmeklerin iç kısmındaki *a* değerlerindeki değişim, kabuk kısımlarındaki değişim kadar yüksek olmamıştır. *a* değeri en yüksek olan örnekler H0-G0, H0-G1.5, H40-G0, ve H40-G1.5' dir. *a* değerlerindeki en büyük ve anlamlı değişim H0-G0 ve H0-G1.5 ile H10-G0 ve H10-G1.5 örnekleri arasında tespit edilmiştir. Buna göre % 10 hamsi unu ilave edilen örneklerde formülasyona katılan % 20 oranında yeşil sebzelerin önemli etkisi ile *a* değerlerinde önemli bir düşüş gözlenmiş, hamsi unu oranı arttıkça sebze oranı değişmediği için *a* değeri yükselmiş ve kontrol grupları ile % 40 hamsi unu içeren örneklerin *a* değerleri arasındaki fark kapanmıştır. Böylece ksantan gam kullanımının örneklerin ekmek içi *a* değerleri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmadığı sonucuna da ulaşılmıştır ($p>0.05$).

Ekmeğin iç kısmının *b* değerleri incelendiğinde, en yüksek değere H0-G0 örneği sahipken, onu H0-G1.5 örneği takip etmiştir ($p<0.05$). Hamsi unu ve sebze karışımı ilave edilen tüm örneklerin *b* değerleri kontrol gruplarına göre önemli ölçüde düşüktür ($p<0.05$). Ksantan gam içeren örneklerde hamsi unu oranı arttıkça *b* değerlerinde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Gam içermeyen örneklerde ise % 20 oranında hamsi unu içeren örneklerden itibaren *b* değeri önemli ölçüde değişmemiştir ($p>0.05$).

Ekmeğin iç kısmındaki ΔE değerleri Şekil 4.4’ de verilmiştir. Referans olarak alınan H0-G0 örneğine göre incelendiğinde, ekmek içindeki en düşük ΔE değerine H0-G1.5 örneğinin, en yüksek ΔE değerine ise H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinin sahip olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). Hamsi unu oranı arttıkça örneklerin ΔE değerlerinde önemli ölçüde artış görülmüştür ($p>0.05$). Ksantan gam kullanımının ΔE değerine ekmek kabuğundaki gibi önemli bir etkisinin olmadığı da sonuçlardan anlaşılmaktadır. Aynı oranda balık unu içeren ksantan gamlı ve ksantan gamsız örnekler arasında istatistiksel açıdan bir farklılık kaydedilmemiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.4. Ekmeğin iç kısmındaki ΔE değerleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

4.1.2.4. Ekmek örneklerinin tekstür profili analizi (TPA) sonuçları

Ekmek örneklerinin tekstürel özelliklerini belirlemek için yapılan TPA analizine ait sonuçlar Çizelge 4.6’ da verilmiştir.

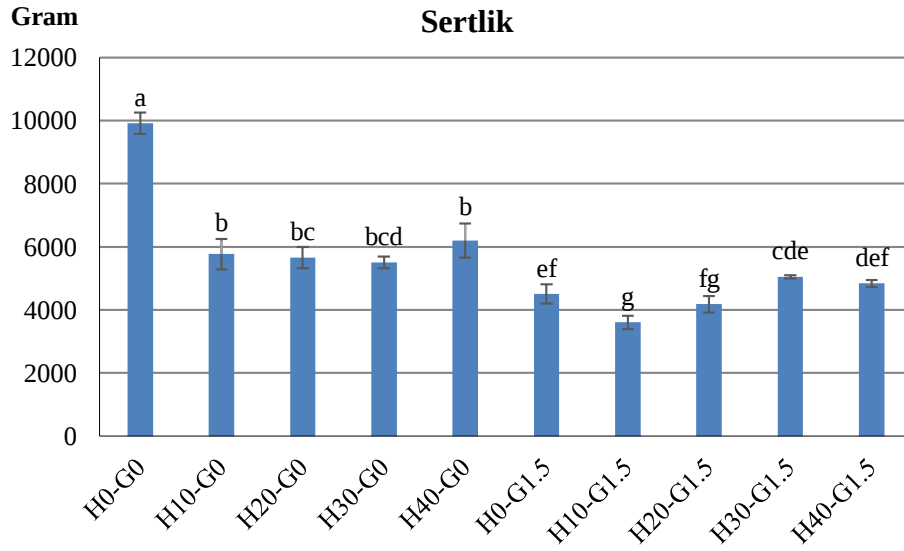
Ekmek formülasyonuna katılan hamsi unu, sebze karışımı ve ksantan gamın ekmek tekstürel özelliklerine istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Çizelge 4.6. Tekstür profili analizi

Örnek	Sertlik (Hardness) g	Esneklik (Springiness)	İç yapışkanlık (Cohesiveness)	Çiğnenebilirlik (Chewiness)	Şeklini geri kazanma (Resilience)
H0-G0	9914.10±410.41 a	0.88±0.00 a	0.62±0.04 a	5102.54±275.61 a	0.36±0.02 a
H10-G0	5771.92±594.03 b	0.83±0.03 b	0.58±0.00 bc	2805.84±225.84 b	0.31±0.00 bc
H20-G0	5654.28±419.16 bc	0.82±0.02 bc	0.54±0.02 d	2444.69±255.59 bcd	0.28±0.01 cde
H30-G0	5506.96±232.20 bcd	0.80±0.00 bcd	0.56±0.00 cd	2436.01±98.50 bcd	0.30±0.00 bcd
H40-G0	6198.56±660.98 b	0.79±0.02 cd	0.53±0.01 d	2344.42±265.48 cde	0.28±0.01 cde
H0-G1.5	4507.39±367.68 ef	0.77±0.05 d	0.64±0.02 a	2598.95±280.30 bc	0.32±0.02 b
H10-G1.5	3604.52±267.14 g	0.79±0.00 cd	0.58±0.01 c	1697.64±168.7 g	0.29±0.01 cde
H20-G1.5	4183.93±321.88 fg	0.79±0.00 cd	0.58±0.01 c	1965.88±114.45 fg	0.30±0.02 bcd
H30-G1.5	5050.48±68.97 cde	0.78±0.00 cd	0.55±0.00 cd	2166.85±47.16 def	0.26±0.00 e
H40-G1.5	4837.90±127.34 def	0.78±0.01 d	0.54±0.04 d	2047.47±132.97 efg	0.26±0.02 e

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$),
± ortalamanın standart sapmasıdır

Ekmek örneklerinin sertlik (hardness) değerleri birinci sıkıştırma işlemi sırasında ölçülen maksimum kuvvettir. Ekmeklerin sertlik değerlerine ait değişim Şekil 4.5’ de görülmektedir. Ekmek örnekleri arasında en yüksek sertlik değerine 9914.10 ± 410.41 g ile H0-G0 örnekleri sahipken, en düşük sertlik değerine 3604.52 ± 267.14 g ile H10-G1.5 örneği sahiptir. Ksantan gam içermeyen örneklerde sertlik düzeyi formülasyona hamsi unu ve sebze karışımının girmesiyle önemli bir düşüş göstermiştir ($p < 0.05$). Yağlar, fırın ürünlerinde yapıyı iyileştirmek ve yumuşatmak için kullanılmaktadır. Hamsi ununda yağ miktarı yüksek olduğu için örneklerin yapısının yumuşamasına katkı sağladığı düşünülmektedir. Aynı zamanda doğranmış sebze karışımının da ekmek yapısında yarattığı boşluklar ve düzensizliklerin, ekmeğin üzerine uygulanan kuvvetlere karşı gösterdiği direncin düşmesine ve dolayısı ile daha düşük sertlik düzeyine sahip olmasına etki ettiği düşünülmektedir.



Şekil 4.5. Ekmek örneklerinin sertlik değerleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

Gam içermeyen örneklerde, % 10 oranında hamsi unu içeren örnekten itibaren hamsi unu oranının artmasının ekmeklerin sertlik düzeyinde bir farklılık oluşturmadığı görülmektedir ($p > 0.05$). Yağ miktarındaki artışın etkisiyle ekmeklerin sertlik değerinde yaşanan azalmanın, hamsi unu miktarına paralel olarak artan mineral madde ve protein miktarının etkisiyle durduğu düşünülmektedir.

Gam maddeleri fırın ürünlerine; hamur gelişimini ve gaz tutumunu iyileştirmek, bayatlamayı geciktirmek, nem içeriğini koruyarak raf ömürlerini arttırmak gibi amaçlarla katılmaktadır (Lazaridou vd, 2007; Sciarini vd, 2012). Ksantan gam kullanımının fırın ürünlerinin sertlik özelliklerini düşürdüğüne yönelik pek çok araştırma mevcuttur (Preichardt vd, 2011; Sabanis ve Tzia, 2011a; Sciarini vd, 2012; Mohammadi vd, 2014). Aynı oranda hamsi unu içeren örnekler arasında, % 30 oranında hamsi unu içeren örnekler hariç, ksantan gam içerenlerin sertlik değerlerinin gam içermeyenlere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Hamsi unu içermeyen örneklerde, ksantan gam kullanımı ile sertlik değeri % 54.5 oranında azalmıştır. Sciarini vd (2010a) yaptıkları çalışmada, glutensiz ekmeklere katılan çeşitli hidrokolloidlerin (karragenan, aljinat, ksantan gam, CMC ve jelatin) etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar ksantan gamın daha yüksek olmakla birlikte sadece ksantan gam ve CMC' nin ekmek sertliğini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Glutensiz ekmeklerde yapılan başka bir çalışmada ise metil selüloz, agar, keçi boynuzu gamı, guar gam, ksantan gam, CMC ve HPMS gibi tüm gamların kullanımının kontrol grubuna göre sertliği önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir (Demirkese vd, 2014). Mısır ekmeği gibi yoğun ve sert karakterli bir ekmeğe ksantan gam kullanımının bu denli etkisi çok önemlidir. Ekmeğin sertlik değerindeki bu azalma ile tüketilebilirlik özellikleri iyileştirilmiştir.

Esneklik (springiness) değeri tekstür profili analizinde ikinci ve birinci sıkıştırma işlemi sırasında geçen mesafenin birbirlerine oranı ile hesaplanmaktadır. En yüksek esneklik değerine H0-G0 örneği sahip olmakla beraber, onu H10-G0 örneği takip etmiştir ($p<0.05$). Esneklik değerinde ksantan gam kullanılan H0-G.15 örneğinde gam kullanılmayan H0-G0 örneğine göre önemli derecede düşüş belirlenmiştir ($p<0.05$). Benzer sonuç, Shao vd (2015) tarafından yumurtasız keklerde yapılan çalışmada da belirlenmiştir. Ksantan gam içeren tüm örnekler ile H30-G0 ve H40-G0 örneklerinin esneklik değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$) ve en düşük esneklik değerine sahiptirler. Glutensiz keklere ksantan gamın etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada % 0.2 ile % 0.4 oranlarında gam ilavesinin keklerin esneklik değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir (Preichardt vd, 2011). Gam kullanımının düşük oranlarda olmasının yeterli etkinin görülmesine engel olduğu düşünülmektedir. Ksantan gam içermeyen örneklerde hamsi unu ve sebze karışımının etkisiyle esneklik değeri düşüş

göstermiştir. Hamsi unu oranı arttıkça esneklik düşmüştür. Örneğin ilk sıkıştırmadan sonra yeniden eski şeklini kazanabilmesi esneklik değerinin yüksek olmasını sağlamaktadır. Hamsi unu ve sebzelerin etkisiyle yapısı yumuşayan ekmek örneklerinin ise şeklini geri kazanabilme yani esneklik özelliği azalmıştır. Ksantan gam kullanılan örneklerde hamsi unu ve sebze karışımının ilavesi veya hamsi unu oranının artması örneklerin esneklik değerleri arasında önemli bir fark oluşturmamıştır ($p<0.05$).

İç yapışkanlık (cohesiveness) değeri ikinci ve birinci sıkıştırma işlemi ile oluşan grafik alanların yani yapılan işin oranıdır. Başka bir ifadeyle örneğin ilk deformasyondaki direncine göre ikinci deformasyonda ne kadar dayanıklı olduğudur. En yüksek iç yapışkanlık değerine H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri sahipken, hamsi unu oranı arttıkça iç yapışkanlık azalmaya başlamış ve en düşük değerler H30-G0, H40-G0, H30-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri ile karşılaştırıldığında, H10-G0 ve H10-G1.5 örneklerinin iç yapışkanlık değerleri önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Bu sonuçlar mısır ekmeğine hamsi unu ve sebze karışımı ilavesinin ekmeğin iç yapışkanlık değerini düşürdüğü görülmektedir. Çizelge 4.6' daki sonuçlar değerlendirildiğinde, hamsi unu oranı arttıkça iç yapışkanlığın genel olarak azaldığı, ksantan gam kullanımının ise iç yapışkanlığa önemli bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Shao vd (2015) yumurtasız keklerde ksantan gam kullanımı ile iç yapışkanlık değerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Demirkese vd (2014) ise ksantan gam kullanımının glutensiz ekmeklerin iç yapışkanlık değerini artırdığını ve düşük iç yapışkanlık değerinin kırılma dayanıklılığı artırdığını belirtmişlerdir.

Çiğnenebilirlik (chewiness); bir gıdayı yutmadan önce gereken enerji olarak değerlendirilebilir ve sertlik, iç yapışkanlık ve esneklik değerlerinin çarpımı ile elde edilmektedir. Çiğnenebilirlik parametresinin hesaplanmasında, sertlik kullanılan parametrelerden birisi olduğu için sonuçların değerlendirilmesinde daha yüksek olan değer, çiğneme zorluğu daha yüksek olan değer olarak değerlendirilmiştir. Çünkü sertlik düzeyi yüksek bir ürünün kolay çiğnenebilmesi mümkün değildir. Bu sonuçtan hareketle, H0-G0 örneği en zor çiğnemen, H10-G1.5, H20-G1.5 ve H40-G1.5 en kolay çiğnemen örnekler olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Ksantan gam içermeyen örneklerde, H10-G0 örneğinin çiğnenebilirlik değeri H0-G0 örneğine göre

yaklaşık % 45 oranında iyileşmiştir. Hamsi ununun içerdiği yüksek yağ miktarı, sebze karışımının ekmek yapısında yarattığı yumuşama ve boşluklar ekmeğin daha kolay çiğnenebilmesini sağladığı düşünülmektedir. Ksantan gamın yapıyı yumuşatan etkisi çiğnenebilirlik parametresinde de kendisini göstermiştir. Ksantan gam kullanılan örnekler, % 40 oranında hamsi unu içeren örnekler hariç diğer tüm oranlarda gam içermeyen ekmeklerden daha iyi çiğnenebilirlik değerine sahiptir ($p<0.05$). Ksantan gam kullanımı ile iyileşen çiğnenebilirlik değerleri Demirkese vd (2014) ve Shao vd (2015) tarafından yapılan çalışmalarda da bildirilmiştir. Ksantan gam içeren örneklerde hamsi unu miktarının artmasıyla ekmeğin sertlik değerinde yaşanan artışın etkisi çiğnenebilirlikte de görülmektedir. Hamsi unu oranı arttıkça çiğnenebilirlik değerinin genel olarak azalmaya başladığı belirlenmiştir.

Şekli geri kazanma (resilience); tekstür profili analizinde ilk sıkıştırma esnasında maksimum kuvvet noktasına kadar oluşan grafik alanı ile kuvvet uygulayan probun örnekten ayrıldığı noktaya kadar örneğin gösterdiği direncin etkisiyle oluşan grafik alanının oranı ile elde edilmektedir. Örneğin orjinal yüksekliğine ulaşmak için gösterdiği çaba olarak da ifade edilmektedir. Ekmek örnekleri arasında en yüksek şekli geri kazanma (ŞGK) H0-G0 örneklerinde tespit edilmiştir. Kontrol gruplarında ksantan gam kullanımı ile ŞGK değeri düşmüştür. Kaydedilen sonuçlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). Yapılan bir çalışmada, ksantan gam kullanılan keklerde gam kullanılmayan örneklere göre ŞGK değerinin arttığı ancak yine de bu değer gluten içeren kontrol keklerine göre önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir (Shao vd, 2015). Hamsi unu, sebze karışımı ve ksantan gam ilavesi ile ŞGK değerlerinde H0-G0 örneğine göre düşüş görülmüştür ($p<0.05$). Ksantan gam içermeyen örneklerde % 10 oranında hamsi unu içeren örnekten itibaren, hamsi unu oranı arttıkça ŞGK değerlerinde bir miktar düşüş belirlense de istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ksantan gam içerenlerde ise % 10 oranında hamsi unu içeren örnekten itibaren hamsi unu artışına bağlı olarak doğrusal bir değişim gözlenmemiştir.

Mısır ekmeğinin sert, kısa sürede bayatlayan ve dağılan yapısının ksantan gam kullanımının etkisiyle önemli ölçüde iyileştirildiği, özellikle sertlik ve çiğnenebilirlik özelliklerinde ksantan gamın oldukça etkili olduğu TPA sonuçlarından görülebilmektedir. Hamsi unu ve sebze karışımının da ekmeğin sertlik ve çiğnenebilirlik özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu, ancak belirli bir hamsi unu

oranından sonra sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin artmaya başladığı sonucuna ulaşılmaktadır. Ksantan gam, hamsi unu ve sebze karışımının etkisiyle yumuşayan yapı nedeniyle; esneklik, iç yapışkanlık ve ŞGK değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Formülasyona katılan bileşenlerin ürünün tekstürel özelliklerine olan etkisinin tüketilebilirlik özelliklerini bozacak yönde olmadığı, aksine yapıyı yumuşatıp tüketilebilirliği artırdığı sonucuna varılmaktadır.

4.1.2.5. Duyusal analiz sonuçları

Yapılan bilimsel çalışmalarda ve Ar-Ge çalışmalarında her ne kadar gıdaların çeşitli fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik problem ve risklerini ortadan kaldırmak, yeni bir ürün geliştirmek, gıdayı besleyici yönden zenginleştirmek veya fonksiyonel özellikler kazandırmak gibi hedefler amaçlansa da önemli olan, son ürünün duyusal olarak tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğidir. Bu nedenle geliştirilen hamsili mısır ekmeklerinin duyusal analiz sonuçları önem arz etmektedir. Glutensiz ürünlere çölyak hastalarının kolayca ulaşılabilirliği ve bu ürünlerin duyusal kabul edilebilirliği son derece önemlidir. Glutensiz ürünlerin teknolojik ve besleyicilik özelliklerine nazaran duyusal özelliklerine yönelik çalışmaların sayısı azdır (Pagliarini vd, 2010).

Ekmek örneklerinin duyusal analiz parametrelerinden; şekil simetri, kabuk rengi, iç rengi, koku, gözenek, tekstür, çiğneme ve tat sonuçları Çizelge 4.7' de, genel kabul edilebilirlik parametresinin sonuçları ise Şekil 4.6' da verilmiştir. Tüm duyusal analiz parametrelerinde panelistlerin değerlendirmeleri sonucu istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$).

Ekmek örneklerinin şekil simetri puanları incelendiğinde; H10-G1.5 örneği hariç hamsi unu içeren tüm formülasyonların puanları arasında fark olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). En düşük şekil simetri puanına sahip ekmek H0-G1.5 örneği olarak tespit edilmişken, ksantan gam içeren örneklerde hamsi unu oranı arttıkça şekil simetri puanı yükseliş göstermiştir. Ksantan gam içermeyen örneklerde ise H0-G0, H10-G0 ve H20-G0 örneklerinin şekil simetri puanları arasında fark olmadığı ($p>0.05$), ancak H30-G0 ve H40-G0 örneklerinin H0-G0 örneğinden daha yüksek puana sahip oldukları görülmektedir ($p<0.05$).

Çizelge 4.7. Duyusal analiz sonuçları

Örnek	Şekil Simetri	Kabuk Rengi	İç Rengi	Koku	Gözenek	Tekstür	Çiğneme	Tat
H0-G0	6.26±0.53 c	4.44±0.48 e	5.52±0.57 e	6.22±0.62 b	7.11±0.73 d	6.07±0.17 d	6.15±0.32 d	5.22±0.62 e
H10-G0	7.15±0.50 abc	6.37±0.39 cd	7.52±0.55 abc	7.74±0.26 a	7.85±0.42 abcd	7.89±0.38 ab	7.70±0.55 ab	7.93±0.83 a
H20-G0	7.26±0.93 abc	7.33±0.62 bc	7.33±0.44 bc	7.63±0.23 a	7.74±0.50 abcd	7.37±0.39 bc	7.11±0.22 abc	6.41±0.34 cd
H30-G0	8.41±0.94 a	8.48±0.68 a	8.26±0.06 a	8.22±0.33 a	8.26±0.36 ab	8.30±0.28 a	7.70±0.89 ab	7.59±0.71 ab
H40-G0	7.67±0.68 ab	7.33±0.80 bc	7.48±0.17 abc	7.81±0.50 a	8.15±0.39 abc	7.63±0.55 abc	6.93±0.36 bcd	6.67±0.73 bcd
H0-G1.5	4.96±0.84 d	4.07±0.45 e	5.11±0.77 e	6.30±0.86 b	7.30±0.56 cd	6.81±0.78 cd	6.63±0.23 cd	5.85±0.34 de
H10-G1.5	6.33±0.67 bc	4.96±0.06 e	6.33±0.48 d	7.52±0.28 a	7.52±0.06 bcd	7.30±0.53 bc	7.00±0.29 abc	6.89±0.33 abc
H20-G1.5	7.37±0.72 abc	6.22±0.51 d	6.74±0.23 cd	7.74±0.23 a	7.67±0.48 abcd	7.74±0.23 ab	7.67±0.51 ab	7.44±0.29 abc
H30-G1.5	8.04±0.46 a	7.63±0.51 ab	7.63±0.34 abc	8.15±0.28 a	8.44±0.44 a	8.07±0.34 ab	7.48±0.39 abc	7.37±0.26 abc
H40-G1.5	8.15±0.68 a	8.04±0.79 ab	8.11±0.62 ab	7.52±0.63 a	8.22±0.40 ab	7.85±0.57 ab	7.89±0.44 a	7.22±0.68 abc

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır

Panelistler tarafından şekil simetri özellikleri değerlendirilirken algılanan kusurlara bakıldığında; H0-G0 ve H0-G1.5 başta olmak üzere, H10-G0, H10-G1.5 ve H20-G0 örneklerinin ekmek kabuklarında yarık oluşumları kaydedilmiştir. H20-G1.5 örneği de dahil olmak üzere, daha yüksek hamsi unu içeren tüm örneklerde kabukta yarıklar oluşması problemi görülmemiştir. Düzensiz kenar yapısı ile çukurlu ve eğimli yapı problemleri de en çok H0-G1.5 örneğinde, daha sonra ise H0-G0 örneğinde bildirilmiştir. H0-G0 ile H0-G1.5 örnekleri karşılaştırıldığında ksantan gam kullanımı ile şekil simetri puanı düşüş göstermiştir ($p<0.05$). EK 2’ de yer alan resimlerden de görülebileceği gibi, H0-G1.5 örneğinin yüzey yapısı ksantan gam kullanımının etkisiyle düzensiz bir hal almıştır. Bu probleme fermantasyonda oluşan gazı hamurun ksantan gamın etkisiyle oluşan yapıda tutmaya çalışmasının ancak glutende olduğu gibi başarılı bir şekilde gazın tutulamamasının neden olduğu düşünülmektedir. Hamsi unu ve sebze karışımının formülasyona dahil olmasıyla bu düzensiz görüntü düzelmeye başlamıştır (EK 2). Panelistler tarafından da düzensiz yüzey ve kenar yapısı problemi % 10 hamsi unu içeren örneklerden itibaren pek bildirilmemiştir. Hamsi unu ilavesi ile artan protein ve yağ oranının ekmek yapısını iyileştirdiği görülmektedir. Örneklerde basık yapı problemi ise H0-G0, H10-G0, H20-G0 ve H30-G0 örneklerinde yani genel olarak ksantan gam içermeyen örneklerde bildirilmiştir. Ksantan gam içermediği için ekmek yapısında su tutma kapasitesi daha düşük, gaz tutma özellikleri açısından daha başarısız bir ekmek oluştuğu ve dolayısıyla basık yapı oluştuğu sonucuna buradan da ulaşılmaktadır.

Panelistler tarafından değerlendirilen ekmek örneklerinin kabuk rengi puanları incelendiğinde; en düşük puanı H0-G0, H0-G1.5 ve H10-G1.5 örnekleri almıştır ($p<0.05$). Hamsi unu içermeyen örneklerin kabuk renkleri EK 2’ de görüldüğü üzere açık renkli olmuştur. Koyulaşmış bir pişmiş ürün rengi oluşmadığı için panelistler tarafından hamsi unu içermeyen örnekler ve H10-G1.5 örneğinin daha az beğenilmiş olduğu düşünülmektedir. Bu sonuç panelistlerin kabuk rengi özelliklerini değerlendirilirken belirttikleri kusurlarda da görülmektedir. H0-G0, H0-G.15 ve H10-G1.5 örneklerde genel olarak “çok açık renk” kusuru bildirilmiştir. H10-G1.5 örneği hamsi unu içerdiği halde pişmiş ürün renginin diğer örneklerle göre daha az oluşmasına ksantan gam kullanımının sebep olduğu düşünülmektedir ve bu tespit renk analizi sonuçları (Çizelge 4.5) ile EK 2’ deki fotoğraflardan da anlaşılmaktadır.

H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri karşılaştırıldığında; ksantan gam kullanımının kabuk renginin açılmasına ve beyaza dönük olmasına sebep olması panelistler tarafından istatistiksel olarak daha düşük puanlanmamıştır. Örnekler arasında en yüksek puanı H30-G0 örneği almıştır. Ancak H30-G1.5 ve H40-G1.5 örnekleri ile arasında istatistiksel bir fark yoktur ($p>0.05$). Hamsi unu oranının artması ile panelistlerin verdiği puanlar genel olarak artış göstermiştir. Hamsi unu ilavesi ile protein oranı artan ekmek örneklerinde sıcaklığın etkisiyle maillard reaksiyonu artmış ve pişmiş ürün rengi oluşmuştur, bu durumun da panelistler tarafından tercih edilen bir renk oluşturduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak panelistler tarafından H40-G0 örneğinde “çok koyu renk” kusuru önemli sayıda bildirilmiştir. H40-G1.5 örneğinde ise sadece 2 panelist, H30-G0 ve H30-G1.5 örneklerinde ise 1 panelist tarafından bildirilmiş, diğer örneklerde ise bu kusur bildirilmemiştir. % 30’ un üzerinde hamsi unu kullanımının ürün renginin fazla koyulaşmasına yol açtığı ve ksantan gamın kullanılmadığı H40-G0 örneğinde ise kusur olarak kabul edilecek kadar koyu renge neden olduğu görülmektedir. Ksantan gam kullanımının ürün renginin fazla koyulaşmasını önlediği bu sonuçlardan da anlaşılmaktadır. Düzensiz renk kusuru ise H10-G0, H10-G1.5, H20-G1.5 ve H30-G0 örneklerinde az sayıda panelist tarafından bildirilmiştir. Örneklerin mısır unu, sebze karışımı ve hamsi unu gibi farklı renkte hammaddelerden üretilmesinin ürün yüzeyinde homojen bir rengin görülmesine bir miktar engel olduğu düşünülmektedir.

Ekmeklerin iç rengi sonuçlarına bakıldığında, kabuk renginde olduğu gibi H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri diğerlerinden istatistiksel olarak daha düşük puanlar almıştır ($p<0.05$). En yüksek puan ise yine H30-G0 örneğinde kaydedilmiştir. Ancak, H10-G0, H40-G0, H30-G1.5 ve H40-G1.5 örnekleri ile aralarında önemli bir fark olmamıştır ($p>0.05$). Panelistlerin ekmek iç rengi değerlendirme puanlarının hamsi unu oranı arttıkça genel olarak yükseldiği görülmektedir. Kabuk rengi değerlendirmesinde olduğu gibi, ekmek iç rengi değerlendirmesinde panelistlerin büyük bir kısmı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde “çok açık renk” kusurunu bildirmişlerdir. Yine H10-G1.5 örneğinde de aynı kusur panelistlerin bir kısmı tarafından bildirilmiştir. H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde ise az sayıda panelist “çok koyu renk” kusurunu bildirmişlerdir. Ekmek örneklerinin iç rengine yönelik başka bir kusur ise kaydedilmemiştir. Hamsi unu ve sebze karışımının ekmek iç renginde yaptığı etkiden panelistlerin olumsuz etkilenmediği, aksine oluşan rengi

daha çok tercih ettikleri görülmektedir. Hamsi unu, sebze karışımı ve ksantan gam ilaveli ekmeklerin şekil simetri, kabuk rengi ve de iç renginin panelistler tarafından olumlu değerlendirilmesi ürünün görsel kabul edilebilirliğinin iyi olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Panelistler tarafından değerlendirilen ekmek örneklerinin koku puanları incelendiğinde; en düşük puanı hamsi unu ve sebze karışımı içermeyen H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri alırken ($p<0.05$), diğer tüm örneklerin koku puanlamaları arasında önemli bir fark oluşmamıştır ($p>0.05$). Panelistlerin bir kısmı tarafından H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin “asit-ekşi koku” kusuruna sahip olduğu bildirilmiştir. Mısır unu, tuz, maya ve/veya ksantan gam dışında herhangi bir bileşen içermeyen bu iki örnekte koku özelliklerini etkileyecek herhangi bir bileşen veya baharat olmadığı için duyuşal değerlendirme formunda kusur olarak işaretlenen “asit-ekşi koku” nun fermentasyon sonucunda oluşan fermente ürün kokusu olduğu düşünülmektedir. Bu kusur örneklerin daha düşük koku puanı almasına sebep olmuştur. Hamsi unu ve sebze karışımı katılan örneklerin koku değerlendirmesinde kontrol gruplarına göre daha yüksek puan alması, geliştirilen ürünün hamsi gibi yoğun kokuya sahip bir bileşen içermesine rağmen, bir fırın ürünü olarak tercih edilebilecek koku özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir. H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde panelistlerin % 20’ si tarafından “yoğun balık kokusu” kusuru algılanmıştır. Diğer örneklerde ise bu kusur bildirilmemiştir. % 40 oranında hamsi unu ilavesinin panelistlerin bir kısmını koku yönünden olumsuz etkilediği ancak istatistiksel olarak bakıldığında bu etkinin puanlara yansımadağı görülmektedir. Hamsi unu ile beraber ilave edilen pazı, soğan ve pırasa gibi hem yöresel olarak tercih edilen hem de aromatik özellikleri kuvvetli olan sebzelerin de yoğun hamsi kokusunun üründe çok öne çıkarak tüketiciyi olumsuz etkileyecek düzeyde olmasını engellediği düşünülmektedir. Ksantan gam kullanımının ise ürünün koku özellikleri üzerinde önemli bir fark oluşturmadığı görülmektedir ($p>0.05$).

Ekmek örneklerinin gözenek yapılarına verilen puanlar değerlendirildiğinde, en düşük gözenek yapısı puanına H0-G0 örneğinin sahip olduğu, H10-G0, H20-G0, H0-G1.5, H10-G1.5 ve H20-G1.5 örnekleriyle de arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). Ksantan gam içermeyen örneklerde hamsi unu oranının artmasının gözenek yapısı puanlarında önemli bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Ksantan gam içeren örneklerde ise H30-G1.5 örneği en yüksek puanı

almıştır, ancak istatistiksel olarak H20-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinden farklı değildir ($p>0.05$). Gözenek puanı sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol grubu olan H0-G0 ve H0-G1.5'e göre sadece % 30 ve % 40 oranında hamsi unu içeren örneklerin gözenek yapısı puanlarının daha iyi olduğu söylenebilmektedir ($p<0.05$). Ksantan gam kullanımının ekmeğin tekstürel özellikleri üzerine önemli etkileri olduğu daha önce belirlendiğinden ekmek örneklerinin gözenek yapısı üzerine de etkileri olacağı düşünülmüştür, ancak panelistler tarafından yapılan değerlendirmede gözenek yapısı açısından istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmadığı ortaya çıkmıştır ($p>0.05$). Benzer sonuçlar panelistler tarafından değerlendirilmesi istenen algılanan hatalar kısmında da kendini göstermektedir. Herhangi bir ekmek örneği için olumsuz sayılabilecek gözenek yapısı kusuru bildirilmemiştir.

Ekmek örneklerinin duyuşsal olarak tekstürel özellikleri değerlendirildiğinde; H0-G0 örneği en düşük puanı almış, H0-G1.5 örneğiyle ise arasında önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). H30-G0 örneği tekstürel açıdan en yüksek puanı alan örnek olmasına karşın H10-G0, H40-G0, H20-G1.5, H30-G1.5 ve H40-G1.5 örnekleri ile benzer puanlanmıştır ($p>0.05$). Ksantan gam içermeyen örneklerde hamsi unu oranının artışıyla tekstür puanları arasında doğrusal bir ilişki bulunamamıştır. Ksantan gam içeren ve % 20 ve üzerinde hamsi unu içeren örneklerin tekstürel puanlaması H0-G1.5 örneğinden istatistiksel olarak yüksektir ($p<0.05$). % 20 hamsi unu ilavesinden sonra örneklerin tekstürel puanlarında fazla değişim yaşanmadığı söylenebilmektedir.

Panelistler tarafından tekstürel açıdan algılanan kusurlar incelendiğinde; “pürüzlü yapı” problemi H0-G0 örneklerinde daha çok olmak üzere, H0-G1.5 ve H40-G0 örneklerinde bildirilmiştir. “Esnek değil” kusuru ise yine H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde birkaç panelist tarafından belirtilmiştir. “Yapışkan ve topaklı” kusuru ise daha çok H0-G0 başta olmak üzere H0-G1.5 ve H40-G0 örneklerinde bildirilmiştir. Algılanan kusurlardan da anlaşılacağı gibi H0-G0 örneğinde daha belirgin olmak üzere, tekstürel anlamda olumsuzluklar hamsi unu ve sebze karışımı içermeyen örneklerde diğerlerinden daha fazladır. Hamsi unu içeren örneklerin yüksek protein ve yağ içeriğinin tekstürel olarak daha kabul edilir ürünler ortaya çıkmasını sağladığı ve yapıyı iyileştirdiği düşünülmektedir.

Ekmek örneklerinin çiğneme özelliklerinin puanları değerlendirildiğinde, en düşük puanı H0-G0 örneği almış, onu H0-G1.5 örneği takip etmiştir ve puanları istatistiksel olarak farksızdır ($p>0.05$). Ksantan gam içermeyen örneklerde hamsi unu ve sebze karışımının ilave edilmesiyle çiğneme puanları önemli oranda artmıştır ($p<0.05$), bu artış % 30 oranında hamsi unu içeren örneğe kadar devam etmiştir ancak % 40 oranında hamsi unu içeren örneğin çiğneme puanlaması düşmüş ve H0-G0 örneğine benzer bulunmuştur ($p>0.05$). Belirli bir oranın üzerinde olan hamsi ununun ekmeğin çiğneme kabiliyetini düşürdüğü sonucuna varılabilir. Ksantan gam içeren örnekler arasında ise, en yüksek puanı H40-G1.5 örneği almıştır, ancak H10-G1.5, H20-G1.5 ve H30-G1.5 örnekleri ile de istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). Aynı oranda hamsi unu içeren örneklerin çiğneme puanları karşılaştırıldığında, yalnız H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri arasında istatistiksel fark vardır ve ksantan gam içeren H40-G1.5 örneği daha yüksek puan almıştır ($p<0.05$).

Ksantan gam kullanımının, ürünün tekstürel özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiği TPA analizi sonuçlarından görülse bile panelistler tarafından her hamsi unu oranında önemli düzeyde fark edilmemiştir. Panelistler tarafından çiğneme özellikleri değerlendirilirken algılanan kusurlara bakıldığında; H0-G0 ve H40-G0 örneği bir kısım panelist tarafından “çok kuru” olarak değerlendirilmiştir. Yine H0-G0 örneği için “elastik değil” ve “topaklaşma” kusurları panelistler tarafından bildirilmiştir. H0-G1.5 örneğinde ise “yapışkan” kusuru birkaç panelist tarafından belirtilmiştir. Kusur algılanan örnekler çiğneme puanlamasında da düşük puan almıştır.

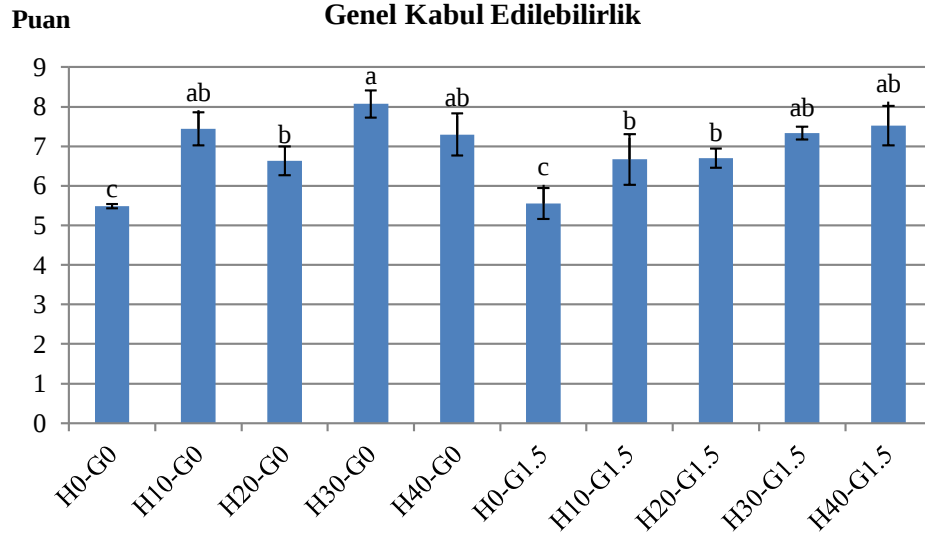
Ekmek örnekleri arasında en düşük tat puanını H0-G0 örneği almış ($p<0.05$), onu H0-G1.5 takip etmiştir. Panelistlerin H0-G0 örneğinde daha fazla olmak üzere bu iki örnek için algılanan kusurlar kısmında “yavan tat” kusurunu belirttikleri görülmüştür. Su, tuz, mısır unu, maya veya ksantan gam dışında herhangi bir bileşen içermeyen bu örnekler tüketiciler tarafından tercih edilmemişlerdir. Yağ gibi tat algısını güçlendiren bir hammadde ile ürüne lezzet katacak baharat ve benzeri katkıların olmayışının bu duruma sebep olduğu düşünülmektedir. Ekmek örneklerinden hamsi unu ve sebze karışımı içerenlerin tat özelliklerinin daha fazla beğenildiği görülmektedir.

Ksantan gam içermeyen örnekler arasında ürüne hamsi unu ve sebze karışımının dahil olması ile örneklerin tat puanları istatistiksel olarak artış

göstermiştir ($p<0.05$), ancak hamsi unu oranına bağlı olarak tat puanının doğrusal bir değişim gösterdiğini söylemek güçtür. Ksantan gam içermeyen örneklerde en yüksek puanı H10-G0 örneği almış, onu sırasıyla; H30-G0, H40-G0 ve H20-G0 örnekleri izlemiştir.

% 30 hamsi unu oranından itibaren panelistler örnekler için “acı tat”, “yoğun balık tadı” kusurlarını bildirmeye başlamışlar ve hamsi unu oranı arttıkça bu kusurların bildirimi de bir miktar artış olmuştur. Ancak ksantan gam içeren örneklerde bu kusurları bildiren panelistlerin sayısı, ksantan gam kullanılmayan örneklere göre daha düşük seviyededir. Bu durum, ksantan gam kullanımı ile daha yumuşak karakterli bir yapı kazanan ekmeklerin olumsuz tat özelliklerinin de bir miktar maskelendiği şeklinde yorumlanmıştır. Ksantan gam kullanımı ile keklerin daha yumuşak bir ağız hissine sahip olduğu da yapılan bir çalışmada (Preichardt vd, 2011) bildirilmiştir. Ksantan gam içeren örneklerde % 10 hamsi unu ve sebze karışımı içeren örneklerden itibaren, hamsi unu oranına göre örneklerin tat puanlamaları arasında istatistiksel bir fark oluşmamıştır ($p>0.05$). Ksantan gam içeren ve içermeyen örnekler hamsi unu oranlarına göre karşılaştırıldığında; tat puanları istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Bu sonuç da ksantan gamın ürünün tüketilebilirlik özelliklerini genel olarak iyileştirirken, tadı üzerine olumsuz bir etki yaratmadığını, algılanan kusur sayısını düşürse de bu düşüşün puanlara yansımadığını göstermektedir.

Genel kabul edilebilirlik (GKE); örneklerin tüm duyuşal özelliklerinin birlikte ele alınarak puanlandığı, nihai bir değerlendirme parametresidir. Panelistler tarafından verilen ekmek örneklerinin GKE puanları incelendiğinde; en düşük puanı H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri almıştır ($p<0.05$). Hamsi unu ve sebze karışımı içermeyen bu örneklerin en düşük GKE puanı almalarının sebepleri ise; renk, koku, şekil, tekstür, çiğneme ve tat gibi diğer duyuşal değerlendirme parametrelerinde de diğer örneklerden genel olarak daha düşük puan almalarıdır. En yüksek GKE puanını H30-G0 örneği almış, ancak H10-G0, H40-G0, H30-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinden de istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p>0.05$).



Şekil 4.6. Ekmek örneklerinin genel kabul edilebilirlik puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

Ksantan gam içermeyen örneklerin GKE puanları hamsi unu oranına bağlı olarak doğrusal bir değişim göstermemiştir. Ksantan gam içeren örneklerde ise hamsi unu oranı arttıkça GKE puanları artmıştır. Ancak bu artış, istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir ($p > 0.05$). Aynı oranda hamsi unu içeren ksantan gamlı ve ksantan gamsız örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$).

Duyusal analiz sonuçlarında da görüldüğü gibi, hamsi unu ve sebze karışımı kullanılarak geliştirilen ekmek örnekleri tüm parametreler açısından kontrol örneklerinden daha yüksek puan almıştır. Panelistlerin bu değerlendirmeleri, hamsi unu ve sebze karışımı kullanılan ürünlerin hem görsel ve yapısal hem de lezzet açısından tüketilebilirlik özelliklerinin iyi olduğunu göstermektedir. Geliştirilen ürünün renk, koku, şekil, çiğneme, tekstür ve tat gibi özelliklerinin panelistler tarafından beğenildiği, kullanılan hamsi unu oranı arttıkça bu beğenin azalmadığı hatta genel olarak arttığı görülmektedir. Hamsi ununun sahip olduğu yüksek protein ve yağın ekmek yapısını ve şeklini olumlu etkilediği, çiğneme özelliklerini iyileştirdiği, pişmiş fırın ürünü renginin oluşmasını artırdığı, tat ve GKE açısından olumlu bir etki yaptığı görülmektedir. Sebze karışımı ilavesinin ürünün hem geleneksel hem de duyusal olarak koku, tat ve GKE gibi özelliklerini pekiştirdiği düşünülmektedir. Ksantan gam ilavesinin örneklerin duyusal özellikleri üzerine etkileri çoğu duyusal parametrede istatistiksel olarak önemli düzeyde

gerçekleşmemiştir ($p>0.05$). Gam kullanımının renk, koku, tat gibi duyuşal özelliklere negatif etki etmemesi olumludur. Çünkü tüketiciler tarafından duyuşal olarak kabul edilebilirliğini genel olarak düşürmemiştir. Daha önce ksantan gam kullanımının ekmeklerin renk ve TPA özellikleri üzerine yaptığı etki duyuşal analiz sonuçlarında pek gözlenememiştir. Özellikle TPA analiziyle sertliği ve çiğnenebilirliğinin iyileştiğı belirlenen örneklerin bu özellikleri panelistler tarafından sadece % 40 oranında hamsi unu içeren örneklerde çiğneme özelliğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde fark edilmiştir ($p<0.05$).

4.1.3. Yağ asidi profili sonuçları

Hammadde ve ekmek örneklerinde bulunan yağ asidi profilini belirlemek için kullanılan yağ asidi standart karışımında bulunan 37 yağ asidinden 32 tanesi hammadde ve/veya örneklerde tespit edilmiştir. Hammadde olarak hamsi, kurutulmuş hamsi, mısır unu ve beraberinde ekmek örneklerine ait yağ asidi profili Çizelge 4.8’ de verilmiştir.

Ekmek üretiminde kullanılan mısır ununda palmitik asitten (C16:0) başlamak üzere 13 adet yağ asidi tanımlanmıştır. Mısır ununda en yüksek yağ asidi oranı % 49.97 ± 0.54 ile linoleik asit (C18:2n6c) olmuşken, onu oleik asit (C18:1n9c) (% 32.45 ± 0.34) ve palmitik asit (% 10.42 ± 0.09) takip etmiştir. En az bulunan yağ asidi ise % 0.12 ± 0.00 ile heptadekanoik asit (C17:0) olmuştur. Daglioglu ve Tasan (2003) mısır ekmeğı üretiminde kullanılan mısır ununda linoleik asit içeriğini % 45.2, oleik asit içeriğini % 34.4 olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar ekmek üretiminde kullanılan mısır unu ile benzerlik göstermiştir. Genetik, iklimsel ve çevresel faktörler mısırın yağ asidi kompozisyonunda farklılık oluşmasına yol açabilmektedir. Genetik modifiye edilmemiş farklı çevre koşullarında yetiştirilen 50 farklı mısır örneğinde yapılan bir çalışmada linoleik asit içeriğı % 13.1-66.5 aralığında, oleik asit içeriğı % 17.4-40.2 aralığında, palmitik asit içeriğı % 8.6-39 aralığında değıştiğı bildirilmiştir (Cong vd, 2015).

Ekmek üretiminde kullanılan hamside kurutulmadan önce laurik asitten (C12:0) başlamak üzere 29 adet yağ asidi tanımlanmıştır. Hamside en fazla palmitik asit (C16:0) (% 22.53 ± 0.15) belirlenmiş, onu oleik (% 16.56 ± 0.08), DHA (C22:6n3) (% 16.01 ± 0.35) ve EPA (C20:5n3) (% 13.23 ± 0.48) takip etmiştir. Tridekanoik asit (C13:0) % 0.10 ± 0.01 ile en az oranda tespit edilen yağ asidi olmuştur.

Çizelge 4.8. Yağ asidi profili analizi (%)

Örnek	Kaprilik asit (C8:0)	Kaprik asit (C10:0)	Undekanoik asit (C11:0)	Laurik asit (C12:0)	Tridekanoik asit (C13:0)	Miristik asit (C14:0)	Miristoleik asit (C14:1)	Pentadekanoik asit (C15:0)
Mısır Unu	-	-	-	-	-	-	-	-
Hamsi	-	-	-	0.10±0.00	0.10±0.01	6.90±0.05	0.19±0.02	1.10±0.00
Kuru Hamsi	-	-	-	0.11±0.00	0.10±0.01	7.19±0.10	0.23±0.00	1.18±0.02
H0-G0	0.04±0.01 a	0.02±0.00 a	-	0.29±0.04 a	-	0.41±0.06 d	-	0.04±0.01 f
H10-G0	0.01±0.00 b	0.01±0.00 b	0.01±0.00 d	0.15±0.01 b	0.06±0.00 c	6.09±0.40 c	0.16±0.02 c	0.87±0.03 e
H20-G0	0.01±0.00 cd	0.01±0.00 c	0.01±0.00 bc	0.11±0.01 c	0.07±0.00 bc	7.10±0.02 b	0.17±0.00 bc	1.04±0.04 bc
H30-G0	0.01±0.00 d	0.01±0.00 bc	0.01±0.00 bc	0.11±0.01 c	0.08±0.00 b	7.01±0.05 b	0.17±0.01 bc	1.05±0.03 bc
H40-G0	0.01±0.00 d	0.01±0.00 c	0.01±0.00 b	0.11±0.00 c	0.08±0.00 b	7.98±0.37 a	0.18±0.00 ab	1.09±0.00 ab
H0-G1.5	0.03±0.00 b	0.02±0.00 a	-	0.30±0.01 a	-	0.44±0.01 d	-	0.04±0.00 f
H10-G1.5	0.01±0.00 d	0.01±0.00 bc	0.01±0.00 cd	0.10±0.00 c	0.07±0.00 bc	6.38±0.06 c	0.16±0.00 c	0.95±0.01 d
H20-G1.5	0.01±0.00 cd	0.01±0.00 bc	0.01±0.00 cd	0.12±0.00 bc	0.08±0.00 bc	7.20±0.04 b	0.17±0.01 bc	1.03±0.02 c
H30-G1.5	0.01±0.00 cd	0.01±0.00 bc	0.01±0.00 bc	0.13±0.01 bc	0.08±0.00 b	7.27±0.24 b	0.18±0.00 ab	1.08±0.01 ab
H40-G1.5	0.01±0.00 cd	0.01±0.00 bc	0.02±0.00 a	0.13±0.01 bc	0.10±0.02 a	7.32±0.17 b	0.19±0.01 a	1.12±0.03 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır

Çizelge 4.8. Yağ asidi profili analizi (%) (devam)

Örnek	Palmitik asit (C16:0)	Palmitoleik asit (C16:1)	Heptadekanoik asit (C17:0)	cis-10- Heptadekanoik asit(C17:1)	Stearik asit (C18:0)	Elaidik asit (C18:1n9t)	Oleik asit (C18:1n9c)	Linolelaidik asit (C18:2n6t)
Mısır unu	10.42±0.09	0.15±0.00	0.12±0.00	-	2.37±0.06	-	32.45±0.34	-
Hamsi	22.53±0.15	5.20±0.06	1.81±0.05	0.46±0.01	4.35±0.06	0.17±0.02	16.56±0.08	0.33±0.02
Kuru hamsi	22.82±0.26	5.30±0.05	1.92±0.07	0.46±0.02	4.77±0.05	0.19±0.01	17.12±0.20	0.35±0.01
H0-G0	21.07±0.41 e	0.29±0.01 g	0.12±0.01 f	0.05±0.00 e	3.20±0.29 e	0.05±0.00 d	30.47±1.15 b	-
H10-G0	24.76±0.32 a	4.23±0.10 f	1.40±0.04 e	0.44±0.01 bc	4.24±0.11 d	0.10±0.01 c	20.81±0.66 c	0.24±0.01 e
H20-G0	22.97±0.35 cd	5.08±0.12 c	1.75±0.02 bc	0.46±0.03 ab	4.41±0.08 bcd	0.13±0.01 b	17.70±0.20 e	0.31±0.01 c
H30-G0	23.38±0.04 bc	5.47±0.05 ab	1.72±0.05 c	0.48±0.01 a	4.69±0.02 a	0.11±0.01 bc	17.41±0.26 e	0.29±0.01 d
H40-G0	23.53±0.12 bc	5.35±0.03 b	1.80±0.03 ab	0.46±0.01 ab	4.46±0.09 abcd	0.13±0.00 b	17.30±0.48 e	0.35±0.01 b
H0-G1.5	18.08±0.41 f	0.31±0.02 g	0.13±0.01 f	0.05±0.00 e	3.12±0.10 e	0.05±0.00 d	33.16±0.23 a	0.04±0.00 f
H10-G1.5	22.32±0.31 d	4.65±0.06 d	1.55±0.01 d	0.43±0.01 c	4.35±0.04 cd	0.10±0.00 c	19.35±0.07 d	0.28±0.01 d
H20-G1.5	24.12±0.62 ab	5.39±0.14 ab	1.76±0.05 bc	0.39±0.01 d	4.49±0.04 abcd	0.11±0.01 bc	18.00±0.08 e	0.37±0.01 ab
H30-G1.5	23.69±0.52 bc	5.59±0.22 a	1.73±0.01 bc	0.46±0.01 ab	4.67±0.06 ab	0.13±0.01 b	17.38±0.54 e	0.37±0.00 ab
H40-G1.5	23.17±0.23 c	5.39±0.09 ab	1.85±0.06 a	0.48±0.01 a	4.59±0.06 abc	0.16±0.00 a	16.88±0.27 e	0.38±0.02 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır.

Çizelge 4.8. Yağ asidi profili analizi (%) (devam)

Örnek	Linoleik asit (C18:2n6c)	Araşidik asit (C20:0)	γ-linolenik asit (C18:3n6)	cis-11- Eikosenoik asit (C20:1)	α-Linolenik asit (C18:3n3)	Heneikosanoik asit (C21:0)	cis-11,14- Eikosadienoik asit (C20:2)	Behenik asit (C22:0)
Mısır unu	49.97±0.54	0.70±0.05	1.80±0.02	0.46±0.05	-	-	0.83±0.06	0.26±0.01
Hamsi	2.25±0.03	1.02±0.07	1.26±0.06	0.70±0.01	1.46±0.02	0.33±0.04	0.76±0.03	0.32±0.03
Kuru hamsi	2.26±0.02	1.17±0.03	1.20±0.02	0.88±0.02	1.41±0.04	0.52±0.02	1.06±0.02	0.44±0.03
H0-G0	41.26±0.38 a	0.51±0.02 c	0.97±0.08 c	0.29±0.02 f	-	-	0.29±0.02 bc	0.15±0.01 f
H10-G0	11.84±0.05 c	1.05±0.03 b	1.30±0.05 ab	0.70±0.03 e	1.01±0.03 e	0.21±0.01 d	0.31±0.03 bc	0.25±0.01 d
H20-G0	8.06±0.14 d	1.24±0.04 a	1.33±0.07 a	0.88±0.03 ab	1.27±0.03 c	0.27±0.01 ab	0.47±0.01 a	0.32±0.01 b
H30-G0	6.44±0.09 e	1.25±0.03 a	1.24±0.03 ab	0.85±0.03 bc	1.31±0.03 bc	0.25±0.00 bc	0.19±0.02 c	0.28±0.00 c
H40-G0	5.51±0.03 f	1.27±0.01 a	1.31±0.02 ab	0.92±0.03 a	1.32±0.02 b	0.26±0.01 ab	0.19±0.01 c	0.29±0.01 c
H0-G1.5	40.71±0.26 b	0.57±0.02 c	1.33±0.05 a	0.28±0.02 f	-	-	0.41±0.02 ab	0.19±0.01 e
H10-G1.5	11.62±0.04 c	1.19±0.01 a	1.34±0.02 a	0.74±0.01 de	1.16±0.01 d	0.23±0.00 c	0.41±0.02 ab	0.29±0.00 c
H20-G1.5	8.18±0.13 d	1.20±0.04 a	1.20±0.05 b	0.79±0.01 cd	1.35±0.02 ab	0.27±0.01 ab	0.26±0.01 c	0.28±0.01 c
H30-G1.5	6.43±0.11 e	1.24±0.15 a	1.25±0.04 ab	0.83±0.01 bc	1.38±0.01 a	0.28±0.01 a	0.21±0.02 c	0.33±0.02 b
H40-G1.5	5.63±0.02 f	1.22±0.04 a	1.27±0.05 ab	0.84±0.06 bc	1.35±0.01 ab	0.29±0.03 a	0.46±0.19 a	0.36±0.02 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$), ± ortalamanın standart sapmasıdır

Çizelge 4.8. Yağ asidi profili analizi (%) (devam)

Örnek	cis-8,11,14 Eikosatrienoik asit (C20:3n6)	Erusik asit (C22:1n9)	cis-11,14,17 Eikosatrienoik asit (C20:3n3)	Araşidonik asit (C20:4n6)	cis-13,16- Dokosadie- noik asit (C22:2n6)	Lignoserik asit (C24:0)	cis-5,8,11,14,17 Eikosapenta- enoik asit (C20:5n3) EPA	cis- 4,7,10,13,16,19- Dokosahegza- enoik asit (C22:6n3) DHA
Mısır unu	-	-	-	0.21±0.01		0.26±0.01	-	-
Hamsi	0.26±0.01	0.92±0.09	0.64±0.04	0.23±0.03	0.48±0.02	0.33±0.07	13.23±0.48	16.01±0.35
Kuru hamsi	0.43±0.02	1.01±0.05	0.66±0.03	0.24±0.01	0.50±0.02	0.18±0.03	12.26±0.36	14.04±0.43
H0-G0	-	-	-	0.15±0.01 b	-	0.17±0.00 bc	-	-
H10-G0	0.09±0.00 e	0.73±0.03 f	0.41±0.01 f	0.05±0.00 e	0.36±0.01 d	0.16±0.00 cd	7.94±0.22 e	10.01±0.31 e
H20-G0	0.11±0.00 d	0.89±0.04 cd	0.51±0.01 d	0.07±0.00 d	0.49±0.01 b	0.17±0.00 bc	10.25±0.10 b	12.35±0.11 c
H30-G0	0.11±0.00 cd	0.89±0.02 cd	0.50±0.01 d	0.08±0.00 c	0.44±0.00 c	0.16±0.01 cd	10.94±0.26 a	13.05±0.04 b
H40-G0	0.12±0.00 bc	0.97±0.01 b	0.54±0.00 bc	0.06±0.00 de	0.49±0.00 b	0.18±0.00 b	10.40±0.15 b	13.31±0.16 ab
H0-G1.5	-	-	-	0.22±0.01 a	-	0.21±0.01 a	-	-
H10-G1.5	0.10±0.00 de	0.82±0.01 e	0.46±0.00 e	0.05±0.00 e	0.43±0.00 c	0.17±0.01 bc	9.04±0.13 d	11.21±0.12 d
H20-G1.5	0.12±0.01 bc	0.85±0.03 de	0.53±0.02 cd	0.06±0.00 de	0.44±0.02 c	0.16±0.01 d	9.59±0.48 c	11.46±0.32 d
H30-G1.5	0.13±0.01 b	0.93±0.01 bc	0.76±0.03 a	0.07±0.00 d	0.47±0.00 b	0.16±0.00 cd	10.13±0.37 b	12.64±0.06 c
H40-G1.5	0.17±0.01 a	1.03±0.03 a	0.56±0.01 b	0.08±0.01 c	0.53±0.02 a	0.17±0.01 bcd	10.63±0.11 ab	13.60±0.28 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır

Hamsinin yağ asidi kompozisyonu mevsime, türe, cinsiyete, büyüklüğe, beslenmeye, coğrafik bölgeye, üreme durumuna ve çevre koşullarına göre değişmektedir (Küçükgülmez, 2011). Bulunan sonuçlar hamsi ile ilgili yapılmış çeşitli çalışmalar ile benzerdir (Ozden, 2005; Oksuz vd, 2009; Turhan vd, 2009; Tufan vd, 2011). Yapılan çalışmalarda hamside baskın olan yağ asitlerinin miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0), oleik asit (C18:1n9c), DHA ve EPA olduğu görülmektedir (Guner vd, 1998; Turhan vd, 2009; Roncarati vd, 2012).

Hamsi örnekleri kurutulduktan sonra da taze halinde olduğu gibi laurik asitten (C12:0) başlamak üzere 29 adet yağ asidi tanımlanmıştır. Kurutulmuş hamside en fazla yine palmitik asit (C16:0) % 22.82±0.26 oranı ile belirlenmişken, tridekanoik asit (C13:0) % 0.10±0.01 ile en az oranda tespit edilen yağ asidi olmuştur. Kurutma işleminin etkisiyle hamsi unundaki yağ asidi oranlarında bir miktar değişimler olmuştur.

Hamsi yağındaki en önemli yağ asitleri olan EPA ve DHA oranları kurutmanın ardından sırasıyla % 12.26±0.36 ve % 14.04±0.43' e düşmüştür. Bu azalmanın çoklu doymamış yağ asitlerinin oksijen ile teması sonucunda oksidasyona uğraması nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Yağ asidindeki çift bağ sayısı arttıkça oksidasyon hızının arttığı, sıcaklık ve yüzey alanı gibi faktörlerin de oksidasyonu artırdığı bilinmektedir. Oksidasyona çok duyarlı oldukları bilinen bu yağ asitlerindeki azalmanın kurutmadaki ısı işlem ve hava akımının etkisiyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Hamsiye uygulanan kurutma, tuzlama, pişirme, marine etme ve salamura yapma gibi işlemlerin hamsinin yağ asidi kompozisyonunda bir miktar değişimlere neden olduğu ve özellikle çoklu doymamış yağ asitlerinde azalmaya yol açtığı bilinmektedir (Ozden, 2005; Shah vd, 2009; Turhan vd, 2009; Czerner vd, 2011; Zotos vd, 2013; Czerner vd, 2015).

Yağlı balık türlerinin başında gelen hamsinin un halinde ürüne eklenmesi ile mısır ununda bulunmayan 16 adet yağ asidi ekmeklere dahil olmuştur (Çizelge 4.8). Oleik asit (C18:1n9c) ve linoleik asit (C18:2n6c) dışında diğer tüm yağ asitleri konsantrasyonlarında hamsi yağı mısır unundan daha zengindir. Böylece hamsi unu ilave edilen örneklerde yağ asidi kompozisyonu oldukça zenginleştirilmiştir. Hamsi yağı hayvansal bir yağ olduğu için mısır ununda bulunmayan laurik asit (C12:0), tridekanoik asit (C13:0), miristik asit (C14:0), pentadekanoik asit (C15:0), heneikosanoik asit (C21:0) gibi bazı doymuş yağ asitlerini içermektedir ve bu yağ

asitlerince de ekmek örnekleri zenginleştirilmiştir. Bunların dışında, cis-10-heptadekanoik asit (C17:1), elaidik asit (C18:1n9t), erusik asit (C22:1n9) gibi tekli doymamış yağ asitleri ile linolelaidik asit (C18:2n6t), linolenik asit (C18:3n3), cis-8,11,14 eikosatrienoik asit (C20:3n6), cis-11,14,17 eikosatrienoik asit (C20:3n3), cis-13,16-dokosadienoik asit (C22:2), cis-5,8,11,14,17-eikosapentaenoik asit (C20:5n3) (EPA) ve cis-4,7,10,13,16,19-dokosahegzaenoik asit (C22:6n3) (DHA) gibi çoklu doymamış yağ asitlerince de ekmek örnekleri zenginleştirilmiştir. Çizelge 4.3' den de görüldüğü gibi, hamsi unu içermeyen örnekler ile kıyaslandığında, % 40 oranında hamsi unu içeren örneklerdeki yağ miktarı yaklaşık olarak 8 kat daha yüksek çıkmıştır. Bu nedenle yukarıda belirtilen yağ asitlerince yapılan zenginleştirme miktarı da hamsi unu oranına bağlı olarak artış göstermektedir.

Ksantan gam içermeyen ekmek örneklerinin yağ asidi profilleri sırasıyla incelendiğinde; H0-G0 örneğinde kaprilik asitten (C8:0) başlamak üzere 20 adet yağ asidi belirlenebilmiştir. H0-G0 örneğinde en fazla % 41.26 ± 0.38 ile linoleik asit (C18:2n6c) belirlenmişken, en az bulunan yağ asidi ise % 0.02 ± 0.00 ile kaprik asit (C10:0) olmuştur.

H10-G0, H20-G0, H30-G0 ve H40-G0 örneklerinde kaprilik asitten (C8:0) başlamak üzere 32 adet yağ asidi belirlenebilmiştir. Palmitik asit (C16:0), H10-G0, H20-G0, H30-G0 ve H40-G0 örneklerinde sırasıyla % 24.76 ± 0.32 , % 22.97 ± 0.35 , % 23.38 ± 0.04 , ve % 23.53 ± 0.12 ile en fazla bulunan yağ asidi olmuştur. H10-G0 örneğinde % 0.01 ± 0.00 ile undekanoik asit (C11:0), kaprilik asit (C8:0) ise H20-G0, H30-G0 ve H40-G0 örneklerinde % 0.01 ± 0.00 oranı ile en az bulunan yağ asidi olmuştur.

Ksantan gam içeren ekmek örneklerinin yağ asidi profilleri sırasıyla incelendiğinde; H0-G1.5 örneğinde kaprilik asitten (C8:0) başlamak üzere 20 adet yağ asidi belirlenmiştir. Hamsi unu içermeyen bir diğer örnek olan H0-G0 örneğinde olduğu gibi en fazla bulunan yağ asidi % 40.71 ± 0.26 ile linoleik asit (C18:2n6c) iken, en az bulunan yağ asidi ise % 0.03 ± 0.00 ile kaprik asit (C10:0) olmuştur.

Ksantan gam ve hamsi unu içeren örneklerde kaprilik asitten (C8:0) başlamak üzere 32 adet yağ asidi belirlenmiştir. Palmitik asit (C16:0), H10-G1.5, H20-G1.5, H30-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinde sırasıyla % 22.32 ± 0.31 , % 24.12 ± 0.62 , % 23.69 ± 0.52 ve % 23.17 ± 0.23 ile en fazla bulunan yağ asidi olmuştur. Kaprilik asit

(C8:0) ise H10-G1.5, H20-G1.5, H30-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinde % 0.01 ± 0.00 oranı ile en az bulunan yağ asididir.

Sonuçlardan da görüldüğü gibi, hamsi unu içermeyen H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde yağ asidi profili mısır unundakine benzer şekilde saptanmış ve en fazla bulunan yağ asidi linoleik asit olmuştur. Hamsi ununun % 10 oranında formülasyona dahil olmasıyla bu durum değişmiş ve hamsi ununda olduğu gibi palmitik asit en fazla bulunan yağ asidi olmuştur.

Kaprilik asit (C8:0), kaprik asit (C10:0) ve undekanoik asit (C11:0) yağ asitleri hem mısır ununda hem de hamsi ununda bulunmadığı halde ekmek örneklerinde oldukça az miktarda dahi olsa tespit edilmiştir. Ekmek üretimi sırasında kalıplarda yapışma problemini önlemek adına çok az miktarda yemeklik margarin ile yağlanmasının, margarinde bulunduğu bilinen bu yağ asitlerinin de örneklerde tespit edilmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Yağlı hammaddeler olan mısır unu, taze hamsi ve kurutulmuş hamsi örnekleri ile birlikte ekmek örneklerine ait doymuş yağ asidi (DYA), tekli doymamış yağ asidi (TDYA), çoklu doymamış yağ asidi (ÇDYA) miktarları ile ÇDYA/DYA oranı, omega-3, omega-6 yağ asidi miktarları ve omega-6/omega-3 yağ asidi oranları Çizelge 4.9’ da verilmiştir. Ekmek örneklerine ait DYA, TDYA ve ÇDYA miktarları Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.

Mısır ununda bulunan DYA, TDYA ve ÇDYA oranları sırasıyla % 14.12 ± 0.18 , % 33.07 ± 0.46 ve % 52.81 ± 0.55 olarak belirlenmiştir. Mısır ununda yapılan bir çalışmada benzer bir şekilde DYA oranı % 15.21, toplam doymamış yağ asidi oranı ise % 84.29 olarak belirlemişlerdir (Hager vd, 2012). Daglioglu ve Tasan (2003) mısır ekmeği üretiminde kullandıkları mısır unundaki DYA, TDYA ve ÇDYA oranlarını % 18.9, % 35 ve % 46.1 olarak belirlemişlerdir. Mısır ununda bulunan yağ, bitkisel bir yağ olduğu için doymuş yağ asidi oranı doymamış yağ asidi oranına göre düşüktür. ÇDYA/DYA oranı da 3.74 gibi oldukça iyi bir orana sahiptir.

Çizelge 4.9. Hammadde ve örneklerin DYA, TDYA, ÇDYA, ÇDYA/DYA, omega-3, omega-6 ve omega-3/omega-6 oranları

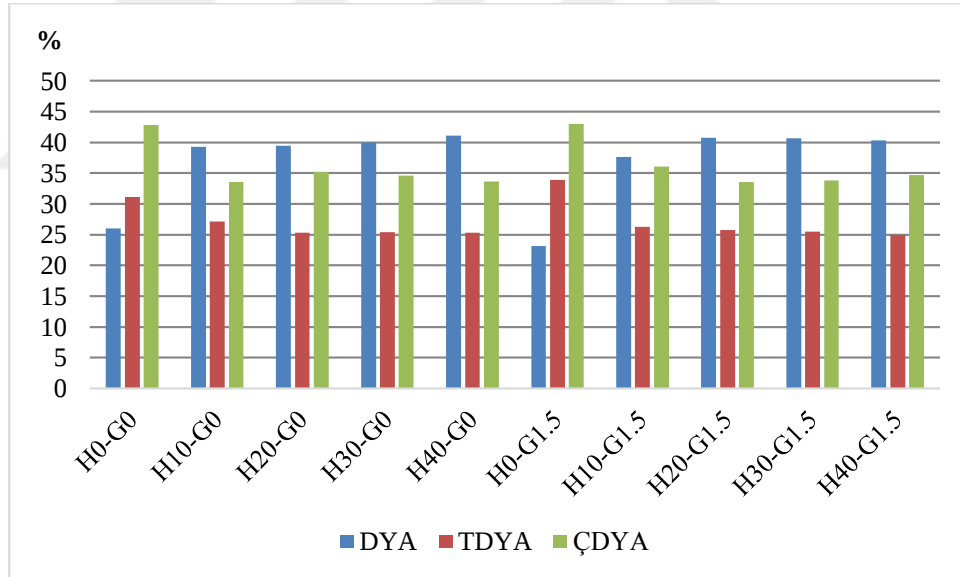
Örnek	DYA (%)	TDYA (%)	ÇDYA (%)	ÇDYA/DYA	Omega-3 (%)	Omega-6 (%)	Omega6/Omega3
Mısır unu	14.12±0.18	33.07±0.46	52.81±0.55	3.74	-	52.81±0.55	-
Hamsi	38.89±0.33	24.19±0.18	36.91±0.51	0.95	31.34±0.48	5.25±0.07	0.17
Kuru hamsi	40.40±0.49	25.18±0.36	34.42±0.81	0.85	28.37±0.90	5.70±0.07	0.20
H0-G0	26.01±0.88 f	31.15±1.40 b	42.84±0.52 a	1.94	-	42.67±0.52 a	-
H10-G0	39.27±0.17 d	27.17±0.69 c	33.56±0.83 e	0.85	19.36±0.65e	13.95±0.17b	0.72
H20-G0	39.49±0.38 cd	25.31±0.21 de	35.20±0.30 c	0.89	24.37±0.27bc	10.52±0.08c	0.43
H30-G0	40.01±0.24 bcd	25.38±0.29 de	34.60±0.50 cd	0.86	25.80±0.34a	8.50±0.17d	0.33
H40-G0	41.09±0.54 a	25.31±0.62 de	33.60±0.09 e	0.82	25.57±0.07 ab	7.68±0.05 f	0.30
H0-G1.5	23.14±0.55 g	33.86±0.26 a	43.00±0.36 a	1.86	-	42.67±0.36 a	-
H10-G1.5	37.65±0.31 e	26.25±0.04 cd	36.10±0.30 b	0.96	21.87±0.32d	13.95±0.05 b	0.64
H20-G1.5	40.73±0.76 ab	25.70±0.11 de	33.57±0.85 e	0.82	22.93±0.92c	10.26±0.08c	0.45
H30-G1.5	40.68±0.46 ab	25.50±0.39 de	33.82±0.30 de	0.83	24.91±0.43 b	8.55±0.19e	0.34
H40-G1.5	40.35±0.55 abc	24.98±0.31 e	34.68±0.63 cd	0.86	26.15±0.36 a	8.15±0.31e	0.31

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır.

DYA: Doymuş yağ asidi; TDYA: Tekli doymamış yağ asidi; ÇDYA: Çoklu doymamış yağ asidi

Daglioglu ve Tasan (2003) mısır unundan elde edilen yağda ÇDYA/DYA oranını 4.3 olarak bulmuşlardır. ÇDYA/DYA oranının 1 ve üzerinde olmasının önerildiği ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde önemli olduğu bildirilmiştir (Simopoulos, 2002; Kang vd, 2005).

Linolenik asit (C18:3n3), cis-11,14,17 eikosatrienoik asit (C20:3n3), cis-5,8,11,14,17-eikosapentaenoik asit (C20:5n3) (EPA), cis-4,7,10,13,16,19-dokosahegzaenoik asit (C22:6n3) (DHA) omega-3 yağ asitleridir. Mısır ununda bu yağ asitlerine rastlanamamıştır. Linoleik asit (C18:2n6c), gama-linolenik asit (C18:3n6), cis-11,14-eikosadienoik asit (C20:2n6), cis-8,11,14 eikosatrienoik asit (C20:3n6), araşidonik asit (C20:4n6), cis-13,16-dokosadienoik asit (C22:2n6) ise omega-6 yağ asitleridir. Mısır ununda omega-6 yağ asitleri oranı oldukça yüksek bulunmuştur. Ancak hamsi unu içermeyen H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerindeki sadece % 1 civarındaki yağ içeriği hem besleyicilik hem de fonksiyonellik açılarından oldukça yetersizdir.



Şekil 4.7. Ekmek örneklerinin DYA, TDYA ve ÇDYA miktarları. DYA: Doymuş yağ asidi; TDYA: Tekli doymamış yağ asidi; ÇDYA: Çoklu doymamış yağ asidi

Hamsi yağında, tüm hayvansal yağlarda olduğu gibi doymuş yağ asidi oranı (% 38.89±0.33) bitkisel yağlara göre daha yüksektir. Ancak hayvansal yağlar içinde doymamış yağ asidi içeriği en yüksek olan yağlar balık yağları olduğu için hamsinin doymamış yağ asidi içeriği de zengindir. Balık ve balık yağı tüketiminin koroner kalp hastalıkları, hipertansiyon, aritmi, romatoid artrit, diyabet ve ani ölüm risklerini düşürdüğü bildirilmiştir (Sidhu, 2003). Hamsi yağında bulunan DYA, TDYA ve

ÇDYA oranları sırasıyla % 38.89±0.33, % 24.19±0.18 ve % 36.91±0.51 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda hamsinin DYA, TDYA ve ÇDYA oranları mevsime ve avlandığı bölgeye göre değişmekle beraber sırasıyla % 33.57-42.2, % 19.50-31.51 ve % 32.43-47.47 aralığında bildirilmiştir (Guner vd, 1998; Tanakol vd, 1999; Oksuz vd, 2009; Kaya ve Turan, 2010; Kocatepe ve Turan, 2012).

Hamsinin ÇDYA/DYA oranı 0.95 olarak bulunmuştur. Bu oran da kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi açısından önemlidir. Oksuz vd (2009) ÇDYA/DYA oranını Karadeniz hamsisinde 0.97 olarak belirlemişlerdir ve sonuçlar benzerdir. Hamsi yağının omega-3 yağ asitleri yönünden çok zengin olduğu bilinmektedir. Hamsi yağında belirlenen omega-3 yağ asidi oranı % 31.34±0.48 olmuş ve bunun % 29.24' ünü EPA ve DHA oluşturmıştır. Mısır unu yağında hiç omega-3 bulunmadığı göz önüne alındığında, hamsi unu ile katkılanan ekmeklerde omega-3 yağ asidi miktarı açısından çok önemli bir zenginleştirme sağlandığı görülmektedir. Omega-6/omega-3 yağ asidi oranı da hamsi yağında 0.17 seviyesinde bulunmuştur. Sağlık ve Imre (2001) ve Turhan vd (2011) yaptıkları çalışmalarda Karadeniz hamsisinde omega-6/omega-3 oranını yaklaşık olarak 0.1 seviyesinde belirlemişlerdir.

Omega-6/omega-3 yağ asidi oranı batılı tarzı beslenmede günümüzde oldukça artan omega-6 alımı ve düşen omega-3 alımı nedeniyle 15-17 düzeylerine kadar yükselmiştir. Batılı tarzı beslenmede günümüzde çok yüksek miktarda omega-6 alımının ve yüksek omega-6/omega-3 oranının başta kardiyovasküler hastalıklar, kanser, enflamasyon ve otoimmün sistem hastalıkları gibi rahatsızlıkların oluşumunu teşvik ettiği bildirilmiştir. Omega-6/omega-3 yağ asidi oranının 1-2 düzeyinde olması gerektiği tavsiye edilmektedir (Simopoulos, 2002). Omega-3 alımı ile; interleukin 1 β (IL-1 β), tumor necrosis factor- α (TNF α) ve interleukin-6 (IL-6) gibi enflamasyona sebep olan maddelerin vücutta oluşumunun engellendiği ve böylece pek çok kronik rahatsızlığın altında yatan neden olan enflamasyonun önlenebildiği bildirilmiştir (Simopoulos, 2006). Bu nedenlerle hamsinin sahip olduğu çok düşük omega-6/omega-3 yağ asidi oranı kronik hastalıkların önlenmesi için çok önemlidir.

Hamsi kurutulup un haline getirildikten sonra, ÇDYA, omega-3 ve omega-6 yağ asidi içeriğinde bir miktar azalış, DYA ve TDYA oranında ise bir miktar artış görülmüştür. Bu duruma bağlı olarak, ÇDYA/DYA düşmüş, omega-6/omega-3 oranı

yükselmiştir. Benzer durumun Shozen vd (1997) yaptığı çalışmada hamsinin kurutulması sonucunda gözlemlendiği belirlenmiştir. Kurutma işleminin etkisiyle bir miktar doymamış yağ asidinin termal oksidasyona uğramasının bu değişimlere neden olduğu düşünülmektedir.

Ekmek örneklerinin yağ asidi içerikleri karşılaştırıldığında, örnek yağındaki en yüksek DYA oranı H40-G0 örneğinde tespit edilmiştir. H20-G1.5, H30-G0, H30-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinin DYA miktarları ise H40-G0 örneğine benzer bulunmuştur. En düşük DYA oranı ise H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde tespit edilmiştir. Hayvansal bir yağ olan hamsi yağı oranının artmasıyla DYA oranının yükselmesi beklenen bir durumdur.

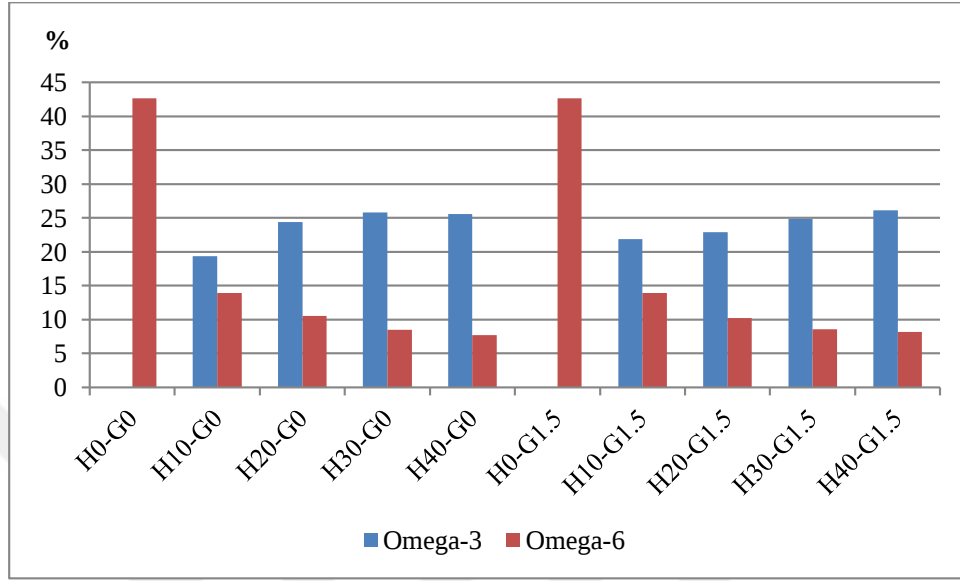
Ekmek örneklerinin yağında TDYA oranı en çok H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde bulunmuştur. En az TDYA asidi oranı ise H10-G1.5 örneğinin yağında bulunmuştur. H20-G0 örneği ise H10-G1.5 örneği ile istatistiksel olarak benzerdir ($p>0.05$). TDYA oranı hamsi unu % 10 gibi az bir oranda formülasyona girdiğinde düşüş göstermiştir. Daha sonra hamsi unu oranı arttıkça TDYA oranı da tekrar artış göstermiştir.

Ekmek örneklerinin yağında bulunan ÇDYA miktarları karşılaştırıldığında, en yüksek ÇDYA oranı H0-G0, H0-G1.5, H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinin yağlarında belirlenmiştir. En düşük ÇDYA oranı ise H10-G1.5 örneğinin yağında tespit edilmiştir. ÇDYA oranı formülasyona % 10 oranında hamsi ununun girmesiyle TDYA oranında olduğu gibi düşüş göstermiş, ancak hamsi unu oranı arttıkça artış göstermiştir.

Ekmek örneklerinde ÇDYA/DYA oranlarına bakıldığında en yüksek oran H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde görülmüştür. Sadece mısır unu yağı içeren bu örneklerde bu değerin yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Ancak bu örneklerin sadece % 1 civarında yağ içermesinden dolayı besleyici açıdan çok anlamlı değildir. Hamsi unu içeren örneklerde ise ÇDYA/DYA oranı 0.82 ile 0.96 arasında değişmektedir. Özellikle hamsi unu ilavesiyle gitgide artan oranda yağ içeriği ile birlikte ÇDYA/DYA oranının da 1'e yakın değerlerde olması, besleyicilik ve sağlık açısından oldukça dengeli bir yağ asidi dağılımına sahip olduğunu göstermektedir.

Ekmek örneklerindeki omega-3 ve omega-6 yağ asidi içerikleri Şekil 4.8' de verilmiştir. Mısır ununda omega-3 yağ asitlerinin bulunmamasından dolayı, örnekler

arasında omega-3 yağ asidi tespit edilemeyen iki örnek H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri olmuştur. Hamsi unu oranı arttıkça örneklerdeki omega-3 yağ asidi içeriği artmaya devam etmiş ve en yüksek omega-3 oranı H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.8. Ekmek örneklerindeki omega-3 ve omega-6 yağ asidi içerikleri

Omega-6 yağ asidi oranı en fazla H0-G1.5 örneğinin yağında tespit edilmiş, onu H0-G0 örneği takip etmiştir. En düşük omega-6 yağ asidi oranı ise H30-G1.5 örneğinin yağında tespit edilmiştir. H10-G1.5, H30-G0, H30-G1.5, H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri ile de arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Mısır unu omega-6 yağ asitlerinden linoleik asitin ($C_{18:2n6c}$) önemli bir kaynağı olduğu için oransal olarak sadece mısır unu içeren örneklerin yağındaki omega-6 oranı hamsi unu içeren örneklerden daha yüksektir. Ancak günümüz batılı beslenme anlayışında artan bitkisel yağ tüketimi ve buna bağlı olarak artan omega-6 tüketimi ile bunu dengelemeye yetmeyecek düzeyde olan omega-3 tüketimi nedeniyle çeşitli sağlık sorunlarına yol açabileceği daha önce de belirtilmiştir. Bu nedenle Omega-3 kaynağı olan gıdaların belirli oranlarda sürekli olarak tüketilmesine özen gösterilmelidir.

Ekmek örneklerinin omega-6/omega-3 oranı incelendiğinde; H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri omega-3 yağ asidi içermedikleri için bu değer hesaplanmamıştır. Örnekler arasında ise hamsi unu oranı arttıkça omega-6/omega-3 oranı düşüş göstermiştir. Diğer ekmek örneklerinde ise hamsi ununun kullanımı ile tüm oranlarda

omega-6/omega-3 oranı tavsiye edilen 1 değerin altındadır. Bu oranının düşüklüğü üründe bulunan yağın fonksiyonel özelliklerinin dengeli olduğunu göstermektedir.

Ksantan gam kullanımının örneklerin DYA içeriği üzerine % 0, % 10 ve % 20 hamsi unu oranlarında önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir. Bu oranlarda gam kullanılan örneklerin DYA içerikleri daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$) ancak daha yüksek hamsi unu içeren örnekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Örneklerin TDYA içerikleri ksantan gam kullanımından etkilenmemiş, ÇDYA içeriklerinde ise ksantan gam kullanımına bağlı olarak anlamlı bir farklılık belirlenememiştir. Ksantan gam kullanımının ekmek örneklerinin ÇDYA/DYA oranı, omega-3 ve omega-6 içeriği ve omega-6/omega-3 oranı üzerine anlamlı bir etkisi olmamıştır.

4.1.4. Aminoasit profili sonuçları

Gıdaların protein miktarı kadar, bu proteinin hangi aminoasitleri ne oranda içerdiği sağlıklı bir beslenme açısından oldukça önemlidir. Vücudun temel yapıtaşı olarak bilinen aminoasitlerin metabolizmada çok farklı rolleri ve fonksiyonel özellikleri mevcuttur.

Esansiyel aminoasitler, bilindiği üzere insan vücudu tarafından üretilemeyip ve diyet yoluyla dışarıdan alınması zorunlu olan aminoasitlerdir. Histidin (yarı esansiyel), treonin, triptofan, metiyonin, valin, fenilalanin, izolösin, lösin ile lisin hammadde ve ekmek örneklerinde miktarı belirlenen esansiyel aminoasitlerdendir. Esansiyel aminoasitlerden metiyonin damarlarda yağ birikimini önlenmesinde, allerjinin ve osteoporoz oluşumunu engellenmesinde rol oynamaktadır. Treoninin kalp, iskelet ve merkezi sinir sistemi üzerine etkileri mevcuttur. Triptofan büyüme hormonu ve B6 vitamini için gereklidir. Fenilalanin merkezi sinir sistemi ve hızlı öğrenme ve depresyon üzerinde etkilidir. Serin yağ asidi metabolizması ve bağışıklık sistemi için önemlidir ve lisin kalsiyum absorpsiyonunda ve bağışıklık sisteminde antikorların oluşumunda rol almaktadır (Erkan vd, 2010).

Tez çalışması kapsamında ekmek üretiminde kullanılan hammaddelere ve ekmek örneklerine ait aminoasit profilleri iki ayrı başlıkta verilmiştir.

4.1.4.1. Hammaddelerin aminoasit profili

Ekmek üretiminde kullanılan hammaddeler olan; mısır unu, taze ve kuru hamsi, kuru soğan, pazı, pırasa, ksantan gam ve kuru mayaya ait aminoasit profili Çizelge 4.10' da verilmiştir.

Mısır ununda en yüksek miktarda tespit edilen aminoasit 15.70 ± 0.73 mg/g ile glutamik asit olurken, en az bulunan aminoasit ise triptofan (1.56 ± 0.05 mg/g) olmuştur. Esansiyel aminoasitlerden ise lösin (9.66 ± 0.29 mg/g) en fazla tespit edilen aminoasit olmuştur.

Mısırın, metiyonin ve sistin gibi kükürt içeren aminoasitleri içerse de esansiyel aminoasitlerden lisin ve triptofan açısından yetersiz düzeyde olduğu bildirilmiştir (Altinel, 2002; İnceer, 2011). Mısır ununda miktarı en az olarak tespit edilen aminoasitler de bu iki aminoasit olmuştur. Histidin ve lösin miktarlarının ise yumurta proteinlerine kıyasla daha yüksek miktarda bulunduğu bildirilmiştir (İnceer, 2011). Mısır unundaki aminoasit dağılımının mısır çeşidi, mısır unu çeşidi, yetiştirildiği bölge ve iklime bağlı olarak değişiklik gösterebildiği rapor edilmiştir (İnceer, 2011; Çağlar, 2016). Naves vd (2011) mısırdaki (*Zea mays* L.) valin, aspartik asit, glutamik asit, alanin ve glisin miktarlarını ekmek üretiminde kullanılan mısır unundan bir miktar düşük belirlemişlerdir, diğer aminoasitlerin miktarları ise benzer bulunmuştur.

İnceer (2011) mısır bulguru üretiminde kullandığı şeker, at dişi ve cin mısır olmak üzere 3 farklı mısır türünün aminoasit kompozisyonunu belirlemiştir. Mısır çeşidine bağlı olarak aminoasit kompozisyonunun değişim gösterdiğini ve olgunlaşma arttıkça aminoasit miktarlarının genel olarak azaldığını bildirmiştir. Söz konusu çalışmada kullanılan at dişi mısırdaki alanin, glisin, valin, treonin, triptofan ve metiyonin miktarlarının bu çalışmada kullanılan mısır unu örneğinden bir miktar farklı olduğu belirlenmiştir.

Hamsi avlanıp temizlendikten sonra herhangi bir işleme tabi tutulmadan yapılan aminoasit profili analizinde en yüksek miktarda belirlenen aminoasit aspartik asittir (12.74 ± 0.40 mg/g). En az belirlenen aminoasit triptofan (3.14 ± 0.12 mg/g), en fazla belirlenen esansiyel aminoasit ise lösin (10.08 ± 0.21 mg/g)' dir.

Çizelge 4.10. Hammaddelerin aminoasit profili (mg/g)

Aminoasit	Mısır Unu	Taze Hamsi	Kuru Hamsi	K. Soğan	Pırasa	Pazı	Maya	Ksantan gam
Aspartik asit	7.40±0.16	12.74±0.40	26.12±0.35	1.28±0.12	2.49±0.29	3.92±0.32	41.37±0.61	3.10±0.28
Glutamik asit	15.70±0.73	12.54±0.21	30.99±0.58	2.52±0.31	4.61±0.35	6.53±0.12	44.15±2.29	3.72±0.16
Serin	3.77±0.21	6.93±0.31	15.86±0.23	0.57±0.06	0.89±0.34	1.29±0.08	21.25±1.32	0.69±0.08
Histidin	3.93±0.16	5.59±0.35	16.53±0.34	0.43±0.03	1.77±0.31	2.30±0.53	18.23±0.69	0.66±0.02
Glisin	3.71±0.10	7.10±0.16	15.63±0.64	0.50±0.05	1.28±0.08	2.24±0.31	18.89±0.87	0.88±0.04
Treonin	4.61±0.18	7.22±0.03	16.87±0.29	0.59±0.06	1.24±0.20	2.24±0.33	21.77±0.91	1.66±0.08
Alanin	5.23±0.15	7.53±0.13	15.20±0.11	0.71±0.07	2.26±0.20	3.58±0.04	17.25±1.33	2.58±0.15
Tirosin	3.17±0.36	4.00±0.32	9.45±0.48	0.43±0.04	1.15±0.34	1.53±0.09	14.77±0.64	0.29±0.02
Triptofan	1.56±0.05	3.14±0.12	6.60±0.08	0.19±0.01	0.91±0.18	1.05±0.10	12.93±0.78	0.30±0.01
Metiyonin	2.45±0.18	4.26±0.02	10.19±0.21	0.79±0.10	1.15±0.34	1.71±0.39	20.05±0.18	2.33±0.10
Valin	4.83±0.08	7.12±0.38	15.11±0.19	0.31±0.04	1.17±0.14	1.18±0.23	18.49±0.49	0.82±0.04
Fenilalanin	4.86±0.11	5.92±0.36	11.96±0.36	0.10±0.03	0.53±0.10	0.77±0.04	3.52±0.05	0.42±0.02
İzolösin	2.92±0.10	6.05±0.09	13.06±0.13	0.54±0.07	1.09±0.23	1.88±0.48	20.28±0.54	1.31±0.05
Lösin	9.66±0.29	10.08±0.21	22.20±0.16	0.92±0.11	2.80±0.28	3.66±0.67	31.26±0.37	2.57±0.12
Lisin	2.70±0.11	9.34±0.42	20.50±0.54	0.19±0.03	1.05±0.07	1.40±0.17	6.97±0.09	0.58±0.02

± ortalamanın standart sapmasıdır.

Hamsinin de aralarında bulunduğu deniz ürünleri aminoasit kompozisyonu açısından oldukça iyi besin kaynakları olarak bilinmektedir. Özellikle lizin, lösin ve arjinin gibi esansiyel aminoasit içerikleri nedeniyle yüksek kaliteli protein kaynakları olarak bilinmektedirler (Ozden, 2005). Hamsinin aminoasit kompozisyonuna da; hamsi türü, yaşı, mevsim, avlandığı bölge gibi faktörler etki edebilmektedir (Riveiro vd, 2011). Gencbay ve Turhan (2016) hamsi filetolarının aminoasit kompozisyonunu araştırdıkları çalışmada glutamik asidi en fazla, tirosini ise en düşük miktarda belirlemişlerdir. Hamsi filetoların aminoasit miktarları bu çalışma ile genel olarak benzer bulunmuştur. Aminoasit miktarları Ozden (2005)' in yaptığı çalışma sonuçları ile de benzerlik göstermiş ve hamsi filetonun pek çok esansiyel aminoasit yönünden değerli bir kaynak olduğu sonucuna varılmıştır.

Hamsi örnekleri kurutulduktan sonra artan kurumadde miktarından dolayı aminoasit konsantrasyonları artış göstermiş ve kurutma işleminin etkisiyle herhangi bir aminoasitin miktarında oransal olarak bir azalma belirlenmemiştir. Kurutmanın 50 °C gibi düşük bir sıcaklıkta yapılması aminoasit miktarlarında değişim görülmemesinde etkili olmuştur. Akışkan yatak kurutucuda 110 °C' de kurutulan hamsilerde aminoasit kaybının ortalama % 27 civarında olduğu ve triptofanda bu kaybın % 43' lere kadar yükseldiği bildirilmiştir (Moraes ve Pinto, 2015). Sprey kurutucuda kurutulan tilapia balığında ise kaybın daha yüksek olduğu ve lizin içeriğinin % 62 oranında azaldığı bildirilmiştir (Abdul-Hamid vd, 2002). Kurutulmuş hamside de en yüksek glutamik asit (26.12 ± 0.35 mg/g), en düşük triptofan (6.60 ± 0.08 mg/g) bulunmuştur. Metts vd (2011) hayvan yemi olarak kullanılmak üzere üretilen hamsi ununda en fazla bulunan aminoasiti glutamik asit, en az bulunan aminoasiti ise metiyonin olarak bildirmişlerdir. Moraes ve Pinto (2015) akışkan yatakta kurutulan hamsi filetosunun aminoasit kompozisyonunu incelemişlerdir. Hamsi örneğinde de belirlendiği gibi aspartik asit en yüksek, triptofan ise en az tespit edilen aminoasit olarak bildirilmiştir. Glutamik asit, lizin, lösin ve alanin önemli miktarda tespit edilen diğer aminoasitler olarak bildirilmiştir. Benzer aminoasit kompozisyonu hamsi unu örneğinde de belirlenmiştir.

HME örneklerinde kullanılan sebzeler olan kuru soğan, pırasa ve pazıda en yüksek miktarda bulunan aminoasit glutamik asit olmuştur. Glutamik asit içeriği sırasıyla 2.52 ± 0.31 , 4.61 ± 0.35 , 6.53 ± 0.12 mg/g olarak kaydedilmiştir. Kuru soğan,

pırasa ve pazı örneklerinde en az bulunan aminoasit ise sırasıyla 0.10 ± 0.03 , 0.53 ± 0.10 , 0.77 ± 0.04 mg/g değerleriyle fenilalanin olmuştur.

Fermantasyon için kullanılan kuru mayada glutamik asit 44.15 ± 2.29 mg/g ile en yüksek, fenilalanin de 3.52 ± 0.05 mg/g ile en düşük miktarda tespit edilen aminoasitlerdir. Kuru maya sahip olduğu yüksek protein içeriği, dengeli aminoasit dağılımı ve yüksek esansiyel aminoasit içeriğiyle dikkat çekmiştir.

Glutamik asit 3.72 ± 0.16 mg/g ile ksantan gam da en fazla miktarda bulunan aminoasitken, tirozin 0.29 ± 0.02 mg/g ile en az miktarda bulunan aminoasit olmuştur.

4.1.4.2. Ekmek örneklerinin aminoasit profili

Ekmek örneklerine ait 15 adet aminoasit miktarı ile toplam esansiyel aminoasit miktarı sonuçları Çizelge 4.11’ de verilmiştir. Örneklerin aminoasit miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$).

Genel olarak tüm örneklerde hamsi unu konsantrasyonu arttıkça aminoasit miktarı da artış göstermiştir. Üretimde kullanılan sebzelerden pazı, sahip olduğu protein miktarı ile dikkati çekse de formülasyonda düşük düzeyde olmaları ve diğer hammaddelere göre düşük protein içermeleri nedeniyle ekmek örneklerinin aminoasit profili üzerine önemli etkileri olmamıştır. Ksantan gam düşük protein içeriği ve dolayısıyla aminoasit içeriği nedeniyle, aynı zamanda formülasyona çok az miktarda olması nedeniyle örneklerin aminoasit içeriğine etkisi tespit edilememiştir. Ancak ekmek örneklerinin su miktarında artışa neden olması nedeniyle aminoasit miktarını bir miktar düşürdüğü gözlenmiştir.

Ekmek örneklerindeki aspartik asit miktarı 4.71 ± 0.33 ile 16.83 ± 0.29 mg/g arasında değişmiştir. Aspartik asit miktarı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde en düşük, H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde ise en yüksek miktarda bulunmuştur ($p<0.05$). Hamsi unu oranının % 0’ dan % 40’ a yükselmesiyle ekmeklerin aspartik asit düzeyi de yaklaşık 3.5 kat artmıştır. Aynı oranda hamsi unu kullanılan örnekler arasında ksantan gam kullanımının aspartik asit miktarına genel olarak önemli düzeyde bir etkisi görülmemiştir.

Çizelge 4.11. Ekmek örneklerinde aminoasit profili (mg/g)

Örnek	Aspartik asit	Glutamik asit	Serin	Histidin	Glisin	Treonin	Alanin	Tirosin
H0-G0	5.23±0.40 f	7.60±0.28 e	3.29±0.15 f	4.06±0.25 g	2.70±0.17 de	2.85±0.16 g	4.99±0.13 h	2.15±0.20 d
H10-G0	7.46±0.36 e	12.22±1.15 d	4.49±0.22 e	5.58±0.30 e	3.00±0.17 d	4.32±0.35 f	7.02±0.29 f	2.19±0.12 d
H20-G0	11.28±0.42 d	16.66±0.39 c	5.72±0.06 d	7.63±0.24 d	4.01±0.20 c	6.32±0.42 d	9.34±0.27 e	3.09±0.16 c
H30-G0	14.27±1.05 b	21.24±1.56 b	7.21±0.07 bc	8.86±0.22 c	4.80±0.07 b	7.05±0.69 cd	10.61±0.17 c	3.83±0.29 bc
H40-G0	16.34±0.60 a	24.30±0.70 a	7.79±0.22 a	11.69±0.13 a	7.54±0.37 a	10.18±0.10 a	12.53±0.30 a	7.57±0.77 a
H0-G1.5	4.71±0.33 f	7.41±0.48 e	2.85±0.14 g	3.42±0.34 h	2.48±0.21 e	2.33±0.07 g	4.58±0.28 h	1.76±0.07 d
H10-G1.5	6.72±0.46 e	12.12±0.34 d	3.40±0.24 f	4.92±0.18 f	2.89±0.06 de	5.38±0.36 e	6.36±0.15 g	2.03±0.15 d
H20-G1.5	12.68±0.11 c	16.57±0.71 c	5.96±0.33 d	8.01±0.34 d	4.27±0.14 c	6.53±0.31 cd	9.87±0.20 d	3.41±0.08 bc
H30-G1.5	14.59±1.08 b	22.54±1.09 a	6.89±0.09 c	9.50±0.20 b	4.97±0.40 b	7.29±0.45 c	10.40±0.11 c	3.94±0.11 b
H40-G1.5	16.83±0.29 a	24.31±0.79 a	7.52±0.44 ab	11.21±0.42 a	7.20±0.18 a	9.18±0.31 b	11.77±0.45 b	7.19±0.69 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır.

Çizelge 4.11. Ekmek örneklerinde aminoasit profili (mg/g) (devam)

Örnek	Triptofan	Metiyonin	Valin	Fenilalanin	Izolösin	Lösin	Lisin	Esansiyel Aminoasit
H0-G0	0.68±0.18 e	1.49±0.20 h	2.27±0.07 g	1.55±0.01 e	2.65±0.13 e	5.64±0.23 e	1.29±0.02 e	22.15±0.64 g
H10-G0	1.45±0.19 d	2.80±0.10 f	2.69±0.26 ef	2.48±0.03 d	4.35±0.37 d	9.18±0.39 d	4.22±0.09 d	38.52±0.81 f
H20-G0	1.91±0.30 c	3.52±0.35 e	4.87±0.08 d	4.19±0.08 c	6.61±0.36 c	12.23±0.40 c	6.93±0.18 c	55.22±1.00 e
H30-G0	2.33±0.25 b	4.40±0.70 c	5.07±0.16 d	5.15±0.10 b	7.81±0.25 b	15.17±0.82 b	8.12±0.37 b	65.85±1.97 c
H40-G0	3.36±0.57 a	6.14±0.33 a	7.80±0.34 b	6.23±0.19 a	10.94±0.18 a	18.54±0.21 a	10.53±0.44 a	89.77±1.28 a
H0-G1.5	0.67±0.03 e	2.33±0.21 g	2.41±0.11 ef	1.50±0.02 e	2.32±0.04 e	5.20±0.40 e	1.28±0.03 e	21.17±0.53 g
H10-G1.5	1.28±0.11 d	3.11±0.25 f	2.81±0.16 e	2.47±0.02 d	4.29±0.32 d	8.79±0.12 d	4.18±0.13 d	37.36±0.85 f
H20-G1.5	2.02±0.20 bc	4.39±0.39 d	4.67±0.38 d	4.16±0.10 c	7.04±0.40 c	12.86±0.25 c	6.90±0.17 c	57.89±0.14 d
H30-G1.5	2.25±0.23 b	4.81±0.25 c	5.55±0.13 c	5.04±0.06 b	7.83±0.15 b	15.67±0.24 b	8.56±0.21 b	68.70±1.55 b
H40-G1.5	3.46±0.79 a	5.35±0.38 b	8.37±0.06 a	6.37±0.09 a	10.56±0.50 a	18.37±0.73 a	10.39±0.16 a	87.81±0.40 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır.

Glutamik asit hammaddelerde en fazla bulunan aminoasitlerden biri olduğundan ekmek örneklerinde de baskın olmuştur. Hem mısır unu hem de hamsi glutamik asit açısından zengin birer kaynaktır. Ekmek örneklerindeki glutamik asit miktarı 7.41 ± 0.48 ile 24.31 ± 0.79 mg/g arasında değişmiştir. Ekmek örneklerindeki glutamik asit içeriği hamsi unu oranı arttıkça genel olarak artış göstermiştir. Hamsi unu oranı arttıkça protein miktarında yaşanan artış glutamik asit miktarında da artışa yol açmıştır. Örneklerde en yüksek glutamik asit içeriği H30-G1.5, H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde tespit edilirken, en düşük miktar H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ksantan gam kullanımının glutamik asit miktarına önemli düzeyde bir etkisi görülmemiştir.

Ekmek örneklerindeki serin miktarı 2.85 ± 0.14 ile 7.79 ± 0.22 mg/g arasında değişmiştir. Serin aminoasidi içeriği en düşük H0-G1.5 örneğinde olurken, en yüksek H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde olmuştur ($p < 0.05$). % 40 hamsi unu içeren örneklerin serin miktarı hamsi unu içermeyenlerden yaklaşık olarak 3 kat daha yüksektir. Aynı oranda hamsi unu içeren örnekler arasından ksantan gam içeren örneklerin serin miktarı % 0 ve % 10 hamsi unu seviyesinde daha düşük belirlenmiştir ($p < 0.05$). Bu durum ksantan gam kullanımı ile ekmeklerin kurumadde miktarlarındaki düşüşten kaynaklanmış olabilir.

Histidin miktarının ekmek örneklerinde 3.42 ± 0.34 ile 11.69 ± 0.13 mg/g arasında değiştiği belirlenmiştir. H0-G1.5 örneği en düşük miktarda histidin içerirken, H40-G0 ve H40-G1.5 ise en yüksek içerenler olmuşlardır ($p < 0.05$). Ksantan gam kullanımının etkisini gözlemlemek için aynı oranda hamsi unu içeren örnekler karşılaştırıldığında, % 0 ve % 10 hamsi unu düzeyinde ksantan gam kullanılan örneklerin histidin miktarı daha düşük iken, % 30 oranında ise daha yüksektir ($p < 0.05$).

Ekmek örneklerinin glisin içeriği 2.48 ± 0.21 ile 7.54 ± 0.37 mg/g arasında değişmiştir. H0-G0, H0-G1.5 ve H10-G1.5 örnekleri en düşük, H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri ise en yüksek glisin içeriğine sahip örnekler olmuştur ($p < 0.05$). Aynı hangi unu seviyesindeki örnekler karşılaştırıldığında, ksantan gam kullanımının glisin içeriği üzerine önemli bir etkisi tespit edilememiştir ($p > 0.05$).

Treonin miktarı ekmek örneklerinde 2.33 ± 0.07 ile 10.18 ± 0.10 mg/g arasında tespit edilmiştir. En düşük treonin miktarı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde, en

yüksek treonin miktarı ise H40-G0 örneğinde belirlenmiştir ($p<0.05$). Ksantan gam kullanımının örneklerin treonin miktarları üzerine net bir etkisi gözlemlenmemiştir.

Ekmek örneklerinin alanin içerikleri 4.58 ± 0.28 ile 12.53 ± 0.30 mg/g arasında belirlenmiştir. En düşük alanin miktarı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde, en yüksek alanin ise H40-G0 örneğinde belirlenmiştir ($p<0.05$).

Tirosin miktarı ekmek örneklerinde 1.76 ± 0.07 ile 7.57 ± 0.77 mg/g arasında değişmiştir. H0-G0, H0-G1.5, H10-G0 ve H10-G1.5 örnekleri en düşük, H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri ise en yüksek tirosin içeriğine sahip örneklerdir ($p<0.05$). Bu sonuç % 10 oranında hamsi unu ilavesinin örneklerin tirosin içeriğini kontrol gruplarına göre önemli derecede artırmadığını göstermektedir. Aynı oranda hamsi unu içeren örnekler karşılaştırıldığında ise ksantan gam kullanımının tirosin içeriği üzerine önemli bir etkisi tespit edilememiştir ($p>0.05$).

Ekmek örneklerinin triptofan içerikleri 0.67 ± 0.03 ile 3.46 ± 0.79 mg/g arasında bulunmuştur. En düşük triptofan miktarı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde, en yüksek triptofan miktarı ise H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde belirlenmiştir ($p<0.05$). Hamsi unu oranının % 0' dan % 40' a yükselmesiyle ekmeklerin triptofan içeriği yaklaşık 5 kat artış göstermiştir. Aynı oranda hamsi unu içeren örnekler karşılaştırıldığında ise ksantan gam kullanımının triptofan içeriği üzerine önemli bir etkisi tespit edilememiştir ($p>0.05$).

Metiyonin miktarının ekmek örneklerinde 1.49 ± 0.20 ile 6.14 ± 0.33 mg/g arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük metiyonin miktarı H0-G0 örneğinde, en yüksek miktar ise H40-G0 örneğinde belirlenmiştir ($p<0.05$). % 40 hamsi unu içeren örneklerin metiyonin içeriğinin % 0 oranında hamsi unu içerenlerden yaklaşık 4 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı oranda hamsi unu içeren örneklerden ksantan gam kullanılan ve kullanılmayanlar arasında istatistiksel açıdan farklılıklar oluşmuştur ($p<0.05$), ancak bu farklılıklar belirli bir düzen göstermemektedir.

Ekmek örneklerinin valin içerikleri 2.27 ± 0.07 ile 8.37 ± 0.06 mg/g arasında değişmiştir. Örnekler arasında en düşük valin değeri H0-G0 örneğine ait iken, en yüksek değer H40-G1.5 örneğine aittir. % 0, % 30 ve % 40 oranlarında hamsi unu içeren örnekler arasında ksantan gam içeren örneklerin gam içermeyen örneklerden istatistiksel olarak daha düşük valin içeriğine sahip olduğu görülmüştür ($p<0.05$). %

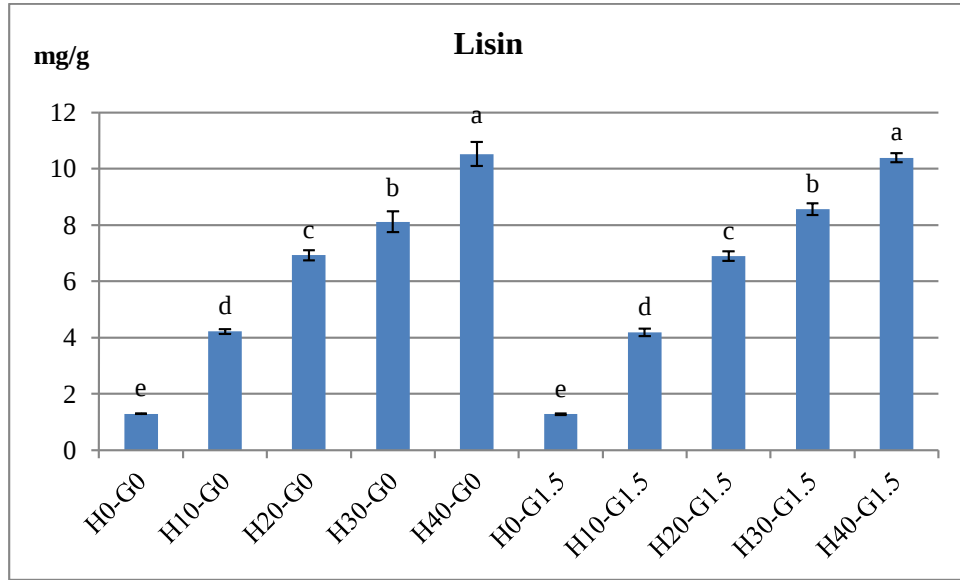
10 ve % 20 oranlarında ise ksantan gam içeren ve içermeyen örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Fenilalanin ekmek örnekleri arasında 1.50 ± 0.02 ile 6.37 ± 0.09 mg/g arasında saptanmıştır. Fenilalanin miktarı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde en düşük, H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde ise en yüksek miktarda tespit edilmiştir ($p<0.05$). Fenilalanin miktarı, % 40 oranında hamsi unu ilave edilen örneklerde, hamsi unu içermeyen örneklerle göre yaklaşık 4 kat daha fazladır. Ksantan gam kullanımına bağlı olarak örneklerin fenilalanin içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Ekmek örneklerinde izolösün miktarı 2.32 ± 0.04 ile 10.94 ± 0.18 mg/g arasında değişmiştir. En düşük izolösün içeriği H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde, en yüksek H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde bulunmuştur. Hamsi unu ilavesi ile izolösün içeriği 4 kat kadar artış göstermiştir. Ksantan gam kullanımının örneklerin izolösün içeriği üzerine önemli bir etkisi olmamıştır ($p>0.05$).

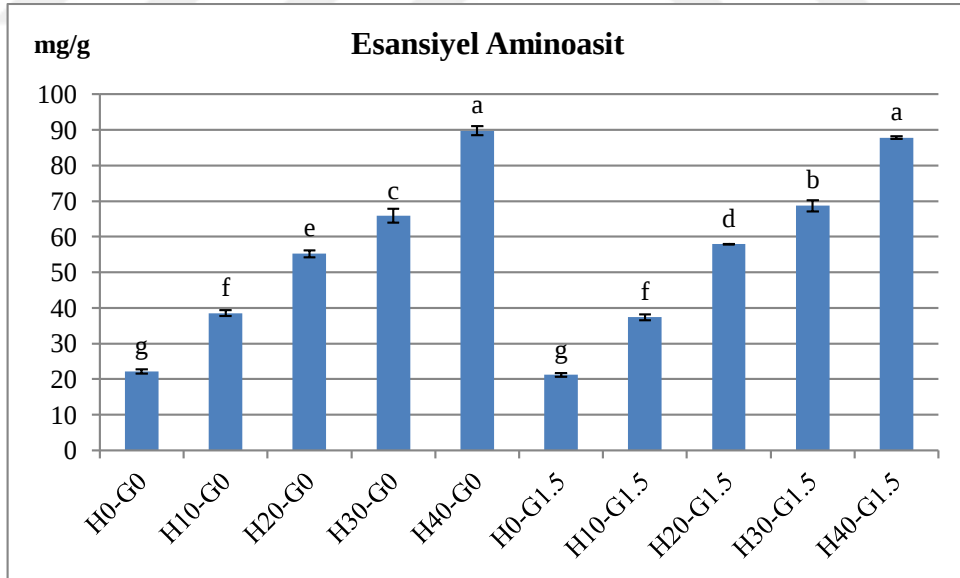
Lösünün ekmek örneklerindeki miktarı hamsi unu oranına bağlı olarak 5.20 ± 0.40 ile 18.54 ± 0.21 mg/g arasında değişim göstermiştir. Diğer bütün aminoasitlerde olduğu gibi lösün miktarı hamsi unu oranı arttıkça artış göstermiş, en düşük değer % 0 oranında hamsi unu içeren, en yüksek değer ise % 40 oranında hamsi unu içeren örneklerde tespit edilmiştir ($p<0.05$). Aynı oranda hamsi unu içeren örneklerin değerleri karşılaştırıldığında ise ksantan gam kullanımının lösün içeriğine önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Ekmek örneklerinin lizin aminoasidi içerikleri Şekil 4.9' da verilmiştir. Ekmeklerdeki lizin miktarı 1.28 ± 0.03 ile 10.53 ± 0.44 mg/g aralığında tespit edilmiştir. H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri en düşük, H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri ise en yüksek lizin içeriğine sahip örnekler olarak belirlenmişlerdir. Ekmeklerin lizin konsantrasyonu % 40 hamsi unu içeren örneklerde yaklaşık olarak 8 kat artış göstermiştir. Ksantan gam kullanımı ekmeklerin lizin içeriği üzerine önemli bir etkide bulunmadığı Çizelge 4.11' de görülmektedir ($p>0.05$).



Şekil 4.9. Ekmek örneklerinin lizin aminoasidi içerikleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

Ekmek örneklerinin toplam esansiyel aminoasit miktarı hamsi unu oranı arttıkça artış göstermiştir. Ekmek örneklerinin esansiyel aminoasit içerikleri Şekil 4.10' da verilmiştir.



Şekil 4.10. Ekmek örneklerinin esansiyel aminoasit içerikleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki harfler örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

Ekmeklerde esansiyel aminoasit miktarı 21.17 ± 0.53 ile 89.77 ± 1.28 mg/g aralığında tespit edilmiştir. Esansiyel aminoasit içeriği en düşük olan ekmek

örnekleri H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri olurken, en yüksek esansiyel aminoasit içeriği H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde bulunmuştur. Esansiyel aminoasit içeriği ekmeğe ilave edilen hamsi unu oranının % 40' a yükselmesi ile kontrol grubuna göre yaklaşık 4 kat artmıştır.

4.1.5. Mineral madde profili sonuçları

Doğanın temel parçacıkları mineraller, aynen vitaminler gibi vücudumuzda sayısız sürecin başlamasına veya düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Minerallerin vücudun sıvı dengesinin düzenlenmesi, kasların çalışması ve sinir sisteminde uyarı iletiminde önemli işlevleri vardır. Mineraller hücre yapısının korunması ve sağlıklı dış, kemik, cilt yapısı için önemlidir. Mineraller aynı zamanda kan basıncı, kalp ritmi, kas fonksiyonları, vücuttaki sıvı dengesinin muhafazası, üreme ve daha pek çok fonksiyonda önemli rol oynadıkları bilinmektedir (Soetan vd, 2010; Henry vd, 2016).

Ekmek üretiminde kullanılan hammaddeler olan mısır unu, kuru maya, hamsi, kurutulmuş hamsi, ksantan gam, kuru soğan, pazı ve pırasa ile ekmek örneklerinin; magnezyum (Mg), potasyum (K), kalsiyum (Ca), demir (Fe), fosfor (P), bakır (Cu), çinko (Zn), manganez (Mn) ve selenyum (Se) içerikleri Çizelge 4.12' de verilmiştir. Ekmek örnekleri arasında, kullanılan hamsi unu, sebze karışımı ve ksantan gamın etkisiyle istatistiksel olarak farklılıklar gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Ekmek örneklerindeki hamsi unu oranının artmasıyla genel olarak tüm mineral madde miktarlarında artış görülmüştür.

Mısırda en fazla bulunan mineraller fosfor ve kükürttür. Mısır genel olarak Zn, Fe, Cu, Mn, iyot gibi iz elementler açısından fakirdir. Ca içeriği diğer tahıllarda olduğu gibi düşüktür. Mısır rüşeymi minerallerin büyük kısmını içeren kısımdır (Altinel, 2002). Ekmek üretiminde kullanılan mısır ununda Ca, Fe, P ve Zn miktarı düşük bulunmuştur. Se ise tespit edilememiştir. Hager vd (2012) mısır ununda çeşitli minerallerin miktarlarını sırasıyla; Ca 33.2, Mg 315.7, K 1487.0, Fe 9.1, Cu 0.9, P 813.7, Zn 6.6, Mn 1.5 ppm olarak belirlemişler ve mısır ununun Ca, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu değerler ekmek üretiminde kullanılan mısır unu ile büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.12. Hammadde ve ekmek örneklerinin mineral madde miktarları

Örnek	Mg (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	P (ppm)
Mısır unu	294±8.64	1799±26.99	38±0.48	15.54±0.64	1206±8.56
Maya	669±5.89	16380±226.04	688±11.21	25.07±0.19	10561±27.46
Hamsi	224±3.70	2362±24.33	2098±10.91	14.52±0.56	3254±18.87
Kuru hamsi	556±4.28	6275±52.71	8039±23.31	30.57±0.41	9625±38.50
Ksantan gam	152±2.64	478±8.37	21664±166.81	86.66±1.05	884±20.42
Kuru soğan	140±0.5	1915±28.34	444±6.17	9.91±0.12	483±6.67
Pazı	323±5.04	3873±48.03	1261±15.38	30.55±0.24	451±3.92
Pırasa	79±0.85	2751±38.51	398±6.45	7.50±0.20	355±4.44
H0-G0	182.33±14.15 fg	1233.00±71.39 f	49.67±8.02 g	12.27±1.20 de	784.33±51.87 e
H10-G0	194.33±11.93 ef	1610.67±76.63 e	551.00±55.33 e	13.82±0.91 cd	1094.33±40.77 d
H20-G0	214.67±9.02 cde	1831.67±60.48 d	967.00±34.22 c	15.93±0.82 ab	1502.33±67.90 c
H30-G0	233.33±11.93 bcd	2032.67±51.60 bc	1308.00±4.36 b	16.65±0.53 a	1799.67±94.00 b
H40-G0	254.67±13.58 a	2284.00±80.47 a	1552.67±91.74 a	16.98±0.85 a	2138.33±93.49 a
H0-G1.5	170.33±4.51 g	1136.67±7.77 f	225.33±32.39 f	11.58±0.71 e	750.67±23.86 e
H10-G1.5	188.67±7.51 fg	1552.00±43.97 e	722.67±21.13 d	12.66±0.34 de	1086.33±28.92 d
H20-G1.5	210.00±12.77 de	1856.00±52.51 d	1049.00±98.85 c	14.77±2.17 bc	1457.00±91.54 c
H30-G1.5	223.33±13.01 bc	1970.00±80.29 c	1315.00±40.93 b	16.00±0.48 ab	1741.33±15.14 b
H40-G1.5	236.00±12.12 ab	2095.33±97.82 b	1531.33±53.61 a	16.91±0.48 a	2062.67±71.50 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır. Ppm: Milyonda bir

Çizelge 4.12. Hammadde ve ekmek örneklerinin mineral madde miktarları (devam)

Örnek	Zn (ppb)	Mn (ppb)	Cu (ppb)	Se (ppb)
Mısır unu	8322±51.60	3484±51.21	732±13.62	-
Maya	117351±915.34	9980±86.83	1102±14.99	-
Hamsi	20461±24.55	2087±32.56	671±2.28	323±16.44
Kuru hamsi	50541±202.16	7964±113.89	1958±22.32	1196±45.81
Ksantan gam	3885±12.43	6668±60.68	636±8.01	-
Kuru soğan	3476±19.81	1726±17.95	557±5.24	-
Pazı	4806±26.91	11257±67.54	1196±9.09	-
Pırasa	2421±15.49	1525±13.27	358±1.58	-
H0-G0	8133.00±548.74 e	2573.33±75.11 d	504.00±28.84 cd	-
H10-G0	9334.67±686.97 d	3086.33±88.61 c	525.67±8.96 c	26.67±7.23 d
H20-G0	11563.00±291.38 c	3324.33±59.60 b	621.67±29.77 ab	67.00±4.36 c
H30-G0	14621.33±516.95 ab	3691.33±60.87 a	638.00±26.00 ab	168.67±3.79 b
H40-G0	15160.67±529.94 a	3574.00±56.35 a	668.67±31.37 a	236.00±14.93 a
H0-G1.5	7782.67±240.55 e	2393.00±81.46 e	462.00±38.59 d	-
H10-G1.5	10070.33±457.13 d	2971.00±112.65 c	515.00±25.00 cd	22.67±4.73 d
H20-G1.5	10969.67±542.43 c	3330.67±69.51 b	600.00±49.12 b	63.00±3.61 c
H30-G1.5	13872.00±108.13 b	3361.00±17.78 b	608.67±14.47 b	163.33±6.43 b
H40-G1.5	14127.33±515.98 b	3583.67±65.77 a	613.00±25.98 b	230.33±23.12 a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p<0.05), ± ortalamanın standart sapmasıdır.

Ppb: Milyarda bir

Naves vd (2011) tam mısır tanesinde ve perikarp ile rüşeym içeren kısmında Ca, Fe ve Zn miktarlarını sırasıyla 67.6-184.4 ppm, 33.7-53.3 ppm, 20.8-50.7 ppm olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, mısırın rüşeym kısmının daha zengin mineral içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Tam mısır tanesinde belirlenen bu miktarlar çalışmada kullanılan mısır unundan daha yüksektir. Mısırın un haline getirilirken ayrılan rüşeym ve kabuk tabakasının mineral içeriğinde düşüşe neden olduğu düşünülmektedir.

Hamsi, mısırın aksine birçok mineral ve özellikle bazı iz elementler açısından oldukça zengin bir kaynaktır. Kılçıklarıyla birlikte analiz edilen hamsi filetonun su içeriği mısır ununa göre oldukça yüksek olmasına rağmen (Çizelge 4.1) K, Ca, P, Zn ve Se içeriği mısır unundan daha yüksektir. Özellikle Ca içeriği yaklaşık 55 kat, P ve Zn içerikleri ise 2.5 kat daha yüksektir. Se gibi önemli bir iz mineral ise mısır ununda belirlenemediği için karşılaştırılmamıştır. Hamsi kurutulup su içeriği % 10 seviyesine düşürüldükten sonra ise tüm minerallerin miktarlarında önemli bir artış gerçekleşmiş, mısır ununa göre Mg, Fe, Cu ve Mn açısından daha zengin hale gelmiştir.

Guner vd (1998) hamside Zn, Fe ve Cu içeriklerini sırasıyla 21.1 ppm, 11.3 ppm ve 2.3 ppm düzeyinde belirlemişlerdir. Zn ve Fe miktarı çalışma sonuçları ile oldukça benzer, Cu miktarı ise oldukça fazladır. Uran ve Gokoglu (2014) yaptıkları çalışmada taze hamsinin Mg, Zn, Mn ve Cu miktarlarını çalışmada kullanılan hamsiden yüksek, K, Ca, P ve Fe miktarını ise düşük belirlemişlerdir. Hamsinin avlandığı deniz ve iklim şartlarının farklı olması ve hamsinin temizlenmeden bütün olarak analiz edilmesi gibi faktörler nedeniyle bu farklılığa sebep olmuştur.

Yapılan çalışmalar hamsinin mineral kompozisyonunun hamsinin kafa, iç organlar, fileto ve kemik gibi kısımlarına göre büyük ölçüde değişebildiğini göstermiştir (Gencbay ve Turhan, 2016; Henry vd, 2016). Hamsinin kafa, iç organlar ve kemik kısmının ayrılması ile mineral madde içeriğinin önemli ölçüde azaldığı, Ca içeriğinin 8 kat, Fe içeriğinin ise 2 kat azaldığı belirtilmiştir. Kafa kısmının Zn, Fe, Ca ve P açısından çok zengin olduğu, kemik kısmının ise yine Ca, Zn ve P açısından filetoya göre çok zengin olduğu belirtilmiştir (Henry vd, 2016). Benzer şekilde, kemik kısmının hamsi filetoya ve bütün hamsi balığına göre P, Ca, Mg, Zn, Mn ve Fe içeriğinin daha yüksek olduğu Gencbay ve Turhan (2016) tarafından da bildirilmiştir. Bu nedenle hamsi ununun kemikleri ayrılmayacak şekilde fileto

edilmesi ve kurutularak un haline getirilmesi, birçok mineral açısından hamsi ununu zenginleştirmektedir.

Çeşitli sebzelerin besinsel kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada, pazının P, K, Ca ve Mg miktarları sırasıyla 19.1, 243.5, 12.1 ve 14.9 mg/100g olarak kaydedilmiştir (Colonna vd, 2016). Çalışmada kullandığımız pazı örneğinde bu minerallerin miktarları daha yüksek belirlenmiştir.

Çeşitli gübrelerin pırasa üzerine etkisini görmek için, farklı gübre ve konsantrasyonlarında yetiştirildikten sonra derin dondurulup, ardından pişirilerek mineral madde miktarları araştırılmıştır (Eppendorfer ve Eggum, 1996). Pırasanın ortalama mineral madde miktarı sırasıyla Mg 743 ppm, Fe 44 ppm, Zn 18 ppm, Mn 20 ppm, Cu 4.2 ppm olarak saptanmıştır. Tüm minerallerin miktarları, çalışmamızda kullanılan pırasaya göre oldukça yüksektir. Gübre kullanımı, iklim farklılığı, toprak yapısı ve pırasa çeşidine bağlı olarak mineral kompozisyonunun farklı olabileceği düşünülmektedir.

Çeşit, yetiştirme koşulları, mahsul yılı, gübre kullanımı gibi faktörlerin soğanların mineral içeriğine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, gübre kullanılmayan örneklerin mineral madde miktarı sırasıyla Mg 81.1 ppm, P 309 ppm, K 1870 ppm, Ca 92.3 ppm, Mn 0.97 ppm, Cu 0.32 ppm, Zn 1.31 ppm olarak rapor edilmiştir (Ariyama vd, 2006). Bildirilen tüm mineral madde miktarları bu çalışmada kullanılan soğan örneğine göre daha düşüktür. Yetiştirilme koşulları ve çeşit farklılığı gibi faktörler nedeniyle mineral madde miktarlarının farklı kaydedildiği düşünülmektedir.

Ekmek örneklerinin Mg miktarları 170.33 ± 4.51 ile 254.67 ± 13.58 ppm arasında değişmiştir. En düşük Mg miktarı H0-G1.5 örneğinde belirlenmesine karşın H0-G0 ve H10-G1.5 örneklerinin Mg miktarı ile arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Çizelge 4.12' den de görülebileceği gibi, kurutulmuş hamsinin Mg miktarı mısır unundan yaklaşık 2 kat daha fazladır. Düşük magnezyum içerikli sebzelerin de etkisiyle % 10 hamsi unu içeren örneklerin Mg miktarı, hamsi unu içermeyen örneklerden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Ekmek örneklerinde en yüksek Mg miktarı H40-G0 örneğinde belirlenmiş, ancak H40-G1.5 örneği ile arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p > 0.05$). Ksantan gam kullanımının örneklerin Mg içeriği üzerine istatistiksel açıdan önemli düzeyde bir etkisi olmamıştır ($p > 0.05$).

Ekmek örneklerinin K miktarının 1136.67 ± 7.77 ile 2284.00 ± 80.47 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ekmek örnekleri arasında en düşük K miktarı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde tespit edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek K miktarı ise H40-G0 örneğinde belirlenmiştir ($p < 0.05$). Hamsi unu ile yapılan zenginleştirme ile K içeriği ekmek örneklerinde 2 kata kadar artış göstermiştir. Ksantan gam kullanımının ekmeklerin K miktarına etkisi incelendiğinde, sadece % 40 hamsi unu oranında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Ksantan gam kullanımının ekmeklerin pişme sırasında su miktarının düşmesini önleyici etkisi nedeniyle H40-G0 ile H40-G1.5 örnekleri arasında bu farklılığın olduğu düşünülmektedir.

Ca miktarının ekmek örneklerinde 49.67 ± 8.02 ile 1552.67 ± 91.74 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir. H0-G0 örneğinin en düşük, H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinin de en yüksek Ca miktarına sahip olduğu ve istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Ksantan gam içermeyen H0-G0 ile H40-G0 örneklerinin Ca içeriği arasında yaklaşık 32 kat fark olduğu görülmektedir. Bu kadar büyük farklılık olmasının nedeni mısır ununun Ca içeriğinin düşük buna karşın hamsiden elde edilen unun Ca içeriğinin yüksek olmasıdır. Çizelge 4.12’ de verilen, ksantan gamın yüksek kalsiyumun içeriğinin etkisiyle H0-G1.5 örneğinde önemli miktarda Ca belirlenmiştir. Ksantan gam içeren örneklerde H0-G1.5 ile H40-G1.5 örneklerinin Ca içeriği arasında yaklaşık 7 kat fark olduğu görülmüştür. Ksantan gam içeren ve içermeyen örnekler karşılaştırıldığında; % 0 ve % 10 hamsi unu içeren örnekler arasında ksantan gam kullanılanların Ca içeriğinin önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). % 20 hamsi unu seviyesinden itibaren ise ksantan gam kullanımının örneklerin Ca içeriğine istatistiksel açıdan önemli etki yapmadığı görülmektedir ($p > 0.05$). Hamsi unu oranı arttıkça ksantan gam içermeyen örneklerle de önemli miktarda Ca yüklemesi olduğu ve bu nedenle aradaki farkın kapandığı düşünülmektedir.

Ekmek örneklerinin Fe içeriklerinin 11.58 ± 0.71 ile 16.98 ± 0.85 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir. En az Fe içeren örnek H0-G1.5 olmuştur. H0-G0 ve H10-G1.5 örneklerinin Fe içeriği H0-G1.5 örneğinden farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Fe içeriği en yüksek örnekler H40-G0 ve H40-G1.5 olmuş, ancak H20-G0, H30-G0 ve H30-G1.5 örnekleri ile aralarında istatistiksel bir fark görülmemiştir ($p > 0.05$). Örneklerin hamsi unu oranının artması ile Fe içeriği artış göstermiş, ancak bu artış

çok yüksek düzeyde olmamıştır, çünkü hamsi ununun Fe içeriği mısır ununa göre yaklaşık olarak 2 kat fazla tespit edilmiştir. Bu durum da son üründe yaklaşık % 50 oranında artış sözkonusu olmuştur. Ksantan gamın Fe içeriği de diğer hammaddelerden daha yüksek bulunmuş, (Çizelge 4.12) ancak bu fark son üründe kendini gösterememiştir ($p>0.05$). Bu duruma ksantan gam kullanım oranının düşük olması ile gam içeren örneklerin daha düşük kurumadde miktarına sahip olmasının neden olduğu düşünülmektedir.

P miktarı ekmek örneklerinde 750.67 ± 23.86 ile 2138.33 ± 93.49 ppm aralığında belirlenmiştir. Örneklerdeki hamsi unu oranı arttıkça P miktarı da artış göstermiştir. En düşük P miktarı H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde, en yüksek P miktarı ise H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde tespit edilmiştir ($p<0.05$). Hamsi unu ilavesinin etkisiyle P miktarı yaklaşık 3 katına kadar artmıştır. Ksantan gam kullanımının ise P miktarı üzerine önemli bir etkisi olmamıştır ($p>0.05$).

Ekmek örneklerinin Cu içerikleri 462.00 ± 38.59 ile 668.67 ± 31.37 ppb arasında belirlenmiştir. En düşük Cu içeriği H0-G1.5 örneğinde belirlenmiştir. H0-G0, H10-G1.5 örneklerinin ise istatistiksel olarak H0-G1.5 ile benzer Cu içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). En yüksek Cu içeriği H40-G0 örneğinde tespit edilmiş, ancak H20-G0 ve H30-G0 örnekleri ile arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Hamsi ununda Cu içeriği mısır ununa göre yaklaşık 3 kat yüksek olmasına rağmen (Çizelge 4.12), ekmek örneklerinde zenginleştirme en fazla % 32 düzeyinde belirlenmiştir. Aynı oranda hamsi unu içeren örnekler karşılaştırıldığında, genellikle ksantan gam içeren örneklerin Cu içeriğinin ksantan gam içermeyenlerden daha düşük olduğu görülmektedir.

Ekmek örneklerinin Mn içerikleri 2393.00 ± 81.46 ile 3691.33 ± 60.87 ppb arasında değişmektedir. Örnekler arasında en düşük Mn içeriği H0-G1.5, en yüksek Mn içeriği ise H30-G0, H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde belirlenmiştir ($p<0.05$). % 0 ve % 30 hamsi unu içeren örneklerden ksantan gam içermeyenlerin Mn miktarı ksantan gam içerenlerden istatistiksel olarak daha yüksek olmuştur ($p<0.05$). Diğer oranlarda ksantan gam kullanımının Mn üzerine önemli bir etkisi olmamıştır ($p>0.05$).

Selenyum, önceleri toksik olarak bilinen bir mineral iken, kırmızı kan hücrelerinde bulunan hemoglobinin korunmasında rol oynayan glutatyon peroksidaz

enziminin yapısına katıldığı ve E vitamini eksikliğinde karaciğerde meydana gelen hasarları önlediği belirlenmiştir (Haratake vd, 2007). Selenyumun yetişkinlerde günde 50 µg' ın altında alımının yetersiz olduğu, günde 200 µg' ın üzerinde alımının ise toksik etki göstermeye başlamasına sebep olduğu rapor edilmiştir (Gulfen, 2012).

Çalışmada, Se hammaddeler arasında yalnızca hamside tespit edilebilmiştir. Yamashita vd (2011), Japon hamsisinin kas dokusunda selenyum miktarını 0.25 ppm olarak belirlemiştir. Bu değer çalışmada kullanılan hamsi fileto örneği (0.32 ppm) ile uyumludur. Japonya' da geleneksel olarak pişirilip kurutulan hamsilerde yapılan bir çalışmada, bu ürünlerin Se açısından iyi bir kaynak olduğu bildirilmiştir ve Se miktarının yaklaşık % 60' lık kısmının hamsinin karın kısmında olduğu da vurgulanmıştır (Haratake vd, 2007).

Aslında mısır ve mısır ekmeğinin önemli miktarlarda selenyum içerdiğine yönelik çalışmalar mevcuttur (Zhu vd, 2008; Gulfen, 2012). Çalışmada, mısırdaki saptanamamasının muhtemel sebepleri; mineral maddelerin genellikle rüşeym ve perikarp tabakalarında bulunması veya un üretimi sırasında bu kısımların ayrılması ve mısırın yetiştiği toprakların selenyumca fakir olması olabilir. Yetiştirilen toprağın Se içerip içermemesinin bu birikime önemli etkisi olduğu bildirilmiştir (Wang vd, 2012).

Beklendiği üzere hamsi unu içermeyen ekmek örneklerinde Se tespit edilememiştir. Se içeren ekmek örnekleri arasında ise Se miktarı 22.67 ± 4.73 ile 236.00 ± 14.93 ppb arasında belirlenmiştir. Ekmek örneklerindeki hamsi unu oranı arttıkça Se miktarı da belirgin bir artış göstermiştir ($p < 0.05$). En yüksek Se içeriği H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde bulunmuştur. Ksantan gam kullanımı ise örneklerin Se içeriği üzerine önemli bir etki yapmamıştır ($p > 0.05$).

Kupper (2005), çölyak hastalarının özellikle demir, kalsiyum, çinko ve magnezyum gibi mineral maddeler yönünden yeterli beslenemediğini bildirmiştir. Hamsi ununun zengin mineral madde içeriği sayesinde HME' lerinin bu mineraller açısından kontrol grubu örneklerine kıyasla önemli oranda iyileştirildiği görülebilmektedir.

4.1.6. TOPSIS analizi sonuçları

Her bir karar noktasının, yani her bir ekmek formülasyonunun ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanması için belirlenen parametreler ve bu parametrelere verilen katsayılar Çizelge 3.2’ de verilmiştir. Buna göre yapılan hesaplamalar sonucu her bir ekmek örneğinin ideal formülasyona yakınlık değerleri (C_i) Çizelge 4.13’ de verilmiştir.

Çizelge 4.13. TOPSIS analizi örneklerin ideal çözüme yakınlık değerleri (C_i^*)

Örnek	C_i
H0-G0	0.01
H0-G1.5	0.14
H10-G1.5	0.42
H10-G0	0.43
H20-G0	0.59
H20-G1.5	0.62
H30-G0	0.71
H30-G1.5	0.74
H40-G0	0.87
H40-G1.5	0.93

(C_i^*):İdeal çözüme yakınlık değeri

Oluşturulan matrise göre çıkan sonuçta 1 değeri en ideal sonucu göstermektedir. İdeal sonuca yakınlık alınan değerin 1’ e yakınlığı ile belirlenir, en yüksek C_i değeri en iyi sonucu vermiş olarak kabul edilir. Sonuçlar ışığında genel olarak hamsi unu oranı arttıkça ekmeklerin elde ettikleri değerler artmıştır. % 40 hamsi unu içeren ksantan gam ilaveli ekmek (H40-G1.5) en yüksek değeri almıştır. Onu ksantan gam içermeyen % 40 hamsi unlu ekmek (H40-G0) takip etmiştir. TOPSIS sonuçlarına göre; en yüksek puanı alan H40-G1.5 örneği ve ikinci olan H40-G0 örneği ile beraber hamsi unu, sebze karışımı ve ksantan gam ilavesinin ekmek örneklerinin raf ömrüne etkisini daha iyi gözlemleyebilmek için H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri de raf ömrü çalışmasına dahil edilmiştir ve 4 farklı örnek üzerinden tez çalışmasında ikinci aşama olan raf ömrü çalışmasına geçilmiştir.

4.2. Hamsili Mısır Ekmeği için Raf Ömrü Analizleri

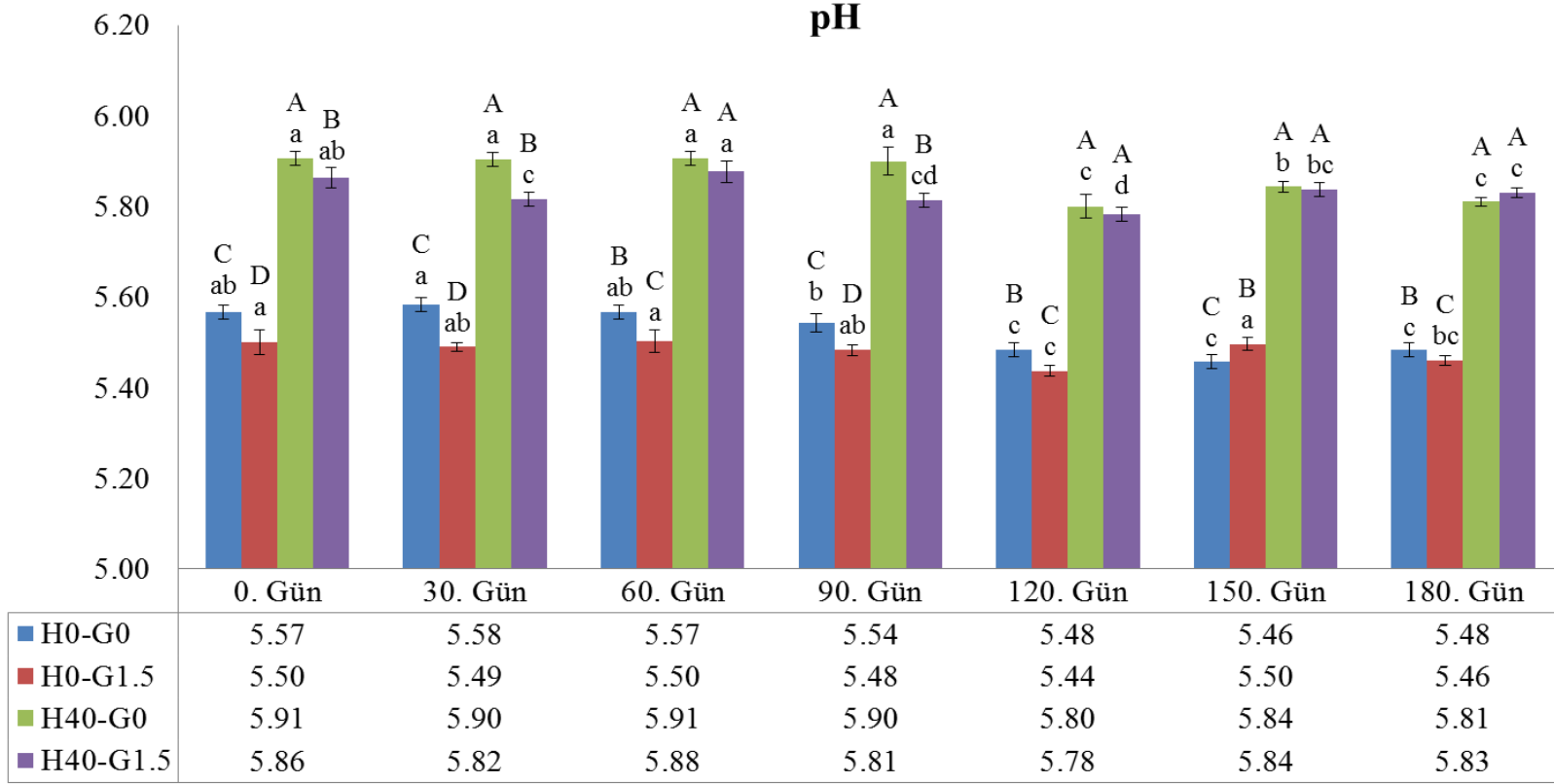
Raf ömrü çalışması için belirlenen 4 farklı ekmeğin (H0-G0, H0-G1.5, H40-G0, H40-G1.5) kısmen pişirildikten sonra vakum ambalajlanarak -20 °C’ de 180 gün süre ile depolanması süresince yapılan çeşitli analizlere ait sonuçlar bu kısımda verilmiştir. Analiz sonuçları iki yönlü varyans analizine göre; hem aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farkı gösterecek şekilde, hem de depolama dönemleri boyunca örneklerde oluşan değişimleri gösterecek şekilde verilmiştir.

4.2.1. pH sonuçları

Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince pH değerlerindeki değişim Şekil 4.11’ de görülmektedir. Aynı depolama döneminde örnekler arasında ve depolama dönemleri arasındaki pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Ekmek örneklerinin 0. ve 180. günlerdeki pH değerleri sırasıyla; H0-G0: 5.57-5.48, H0-G1.5: 5.50-5.46, H40-G0: 5.91-5.81 ve H40-G1.5: 5.86-5.83 olarak belirlenmiştir. 0. gün örnekleri karşılaştırıldığında, en düşük pH H0-G1.5 örneğinde, en yüksek pH ise H40-G0 örneğinde belirlenmiştir ($p<0.05$).

Edema (2011), mısır ekmeği üretiminde ekşi hamur fermentasyonu için laktik asit bakterilerinden oluşan 7 farklı starter kültür kullanmıştır. 24 saate kadar fermentasyona bırakılan hamurların pH değerlerinin 3.05-4.54 aralığında olduğu ve kontrol grubunun pH’ sın 4.54 olduğu bildirilmiştir. Benzer pH değerleri Falade vd (2014)’ nin yaptığı çalışmada da bildirilmiştir. Bu sonuçlar kontrol grubu olarak kabul edilen H0-G0 ve H0-G1.5 ekmeklerinden düşüktür. Laktik asit bakterilerinin ürettiği laktik asitin pH’ nın düşmesine sebep olduğu düşünülmektedir. HME üretiminde fermentasyon için kullanılan *S.cerevisiae*’ nin alkol fermentasyonu yaptığı için pH’ yı çok fazla düşürmediği bilinmektedir. Nkhabutlane vd (2014) mısır ekmeğinin fermentasyonu sonucunda pH’ nın 6.51’ den 8 saat fermentasyondan sonra pH 4.67’ ye düştüğünü belirlemişlerdir. Fermentasyon süresinin oldukça uzun olmasından dolayı pH değeri çalışmamızdaki ekmek örneklerinden daha düşüktür.



Şekil 4.11. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince pH değerleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

Hamsi unu içeren örneklerin pH değerleri ise kontrol grubu örneklerinden daha yüksektir ($p<0.05$). Hamsi unu yüksek oranda içerdiği proteinlerin tampon etkisi ve azotlu bileşiklerin bazik özelliği nedeniyle pH değerlerinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Ksantan gam kullanılan örneklerin pH değerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Depolama süreci boyunca 0., 30. ve 90. günlerde H40-G0 örneği daha yüksek pH değerine sahiptir ($p<0.05$), diğer analiz dönemlerinde ise H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri arasında fark olmamıştır ($p>0.05$). 150. gün hariç tüm dönemlerde en düşük pH değeri H0-G1.5 örneğinde belirlenmiştir ($p<0.05$).

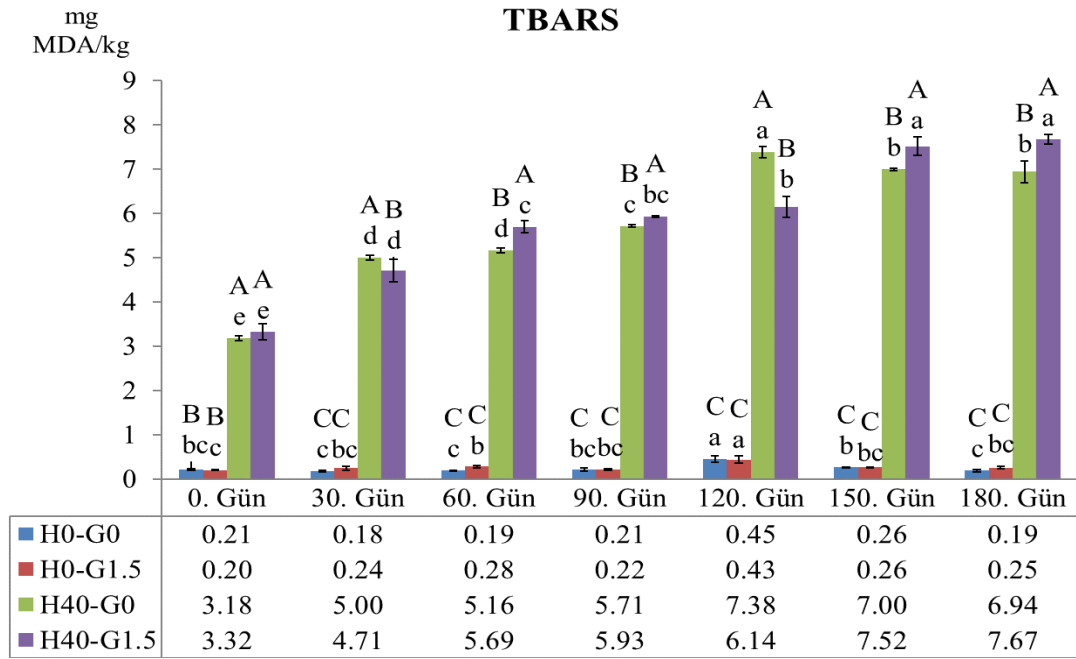
Örneklerin depolama süresince pH değişimleri incelendiğinde, 0. güne göre 180. günde tüm örneklerin pH değerleri istatistiksel olarak önemli derecede düşmüştür ($p<0.05$). 120. günden itibaren H0-G0, H0-G1.5 ve H40-G0 örneklerinin pH değerlerinde önemli bir düşme görülmüştür ($p<0.05$) ancak bu düşüş 150. günde aynı şekilde gözlenmemiştir. H40-G1.5 örneklerinde ise pH değeri depolama süresince salınım göstermiştir. En düşük pH 120. günde tespit edilmiştir. Depolama süresince yağların hidrolizi ve oksidasyonuna ve mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak pH değerinin düşmesi beklenen bir durumdur. Örneklerin depolanması sırasında beklenen bu düşüş oldukça sınırlı düzeyde olmuştur. Ekmek örneklerinde düşüş 90. günden sonra kendini göstermeye başlamıştır. pH düşüşünün sınırlı olması; dondurarak depolama ve vakum ambalajlamanın etkileriyle depolama sırasında yağların hidrolizi ve oksidasyonu ile mikrobiyal aktivitenin yavaş gerçekleştiğinin göstergesi olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. TBARS sonuçları

Örneklerin depolama dönemleri boyunca yağ oksidasyonunun seviyesini görebilmek için TBARS değeri bir gösterge olarak kullanılmıştır. Ekmek örneklerinin vakum ambalaj içerisinde depolanması ile oksijen temasının büyük ölçüde kesilmesi ve dondurarak muhafaza edilmesi ile enzimatik ve oksidatif reaksiyonların yavaşlatılması amaçlanmıştır. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TBARS değerlerindeki değişim Şekil 4.12' de verilmiştir. Aynı depolama döneminde örnekler arasında ve depolama dönemleri arasında örneklerin TBARS değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).

H0-G0 örneklerinin başlangıç ve 180. gündeki TBARS değerleri sırasıyla 0.21-0.19 mg MDA/kg olmuştur. H0-G1.5 örneğinde 0.gün 0.20 mg MDA/kg' dan 0.25 mg MDA/kg' a artarken, H40-G0 örneğinde başlangıç değeri 3.18 mg MDA/kg, 180. gün değeri 6.94 MDA/kg olmuştur. H40-G1.5 örneğinin TBARS değeri ise 0. gün 3.32 mg MDA/kg iken 180. gün 7.67 MDA/kg' a yükselmiştir.

Tüm depolama dönemlerinde, H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin TBARS değerleri arasında istatistiksel bir fark tespit edilmemiş ($p>0.05$) ve depolama süresince hamsi unu içeren örneklerden önemli ölçüde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinin TBARS değerleri arasında önemli bir fark yoktur ($p>0.05$), ancak depolama dönemlerinde sonuçlar arasında çeşitli değişimler gözlenmiştir. 30. ve 120. günde H40-G0 örneği daha yüksek TBARS değerine sahipken diğer depolama dönemlerinde H40-G1.5 örneğinin daha yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.12. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TBARS değerleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). MDA: Malondialdehit

Örneklerin TBARS değerlerinin depolama süresince değişimi incelendiğinde; H0-G0 örneğinin TBARS değeri en yüksek 120. günde belirlenmiştir ($p<0.05$). Diğer depolama dönemlerinde sonuçlar arasında istatistiksel bir fark oluşmamıştır

($p>0.05$). H0-G1.5 örneğinin TBARS değeri de en yüksek 120. günde belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu değeri 60. gün sonucu takip etmiştir. Diğer depolama dönemlerinde ise sonuçlar arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Yağ içeriği düşük olan H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde depolamaya bağlı olarak malondialdehit oluşumu çok düşük seviyelerde kalmış, kabul edilebilir tüketilebilirlik değerlerine sahip olmuşlardır.

Depolama süresince H40-G0 örneğinin TBARS değeri 0. güne göre önemli derecede yükselmiştir ($p<0.05$). En yüksek değere 120. günde ulaşmış, daha sonra kısmen düşüş göstermiştir ($p<0.05$). TBARS değerinin 120. günden sonra düşüş göstermesinin Czerner vd (2011)' in de bildirdiği gibi oksidasyon ürünlerinin ikincil ve üçüncül ürünlere parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. H40-G1.5 örneklerinde, H40-G0 örneğinde de olduğu gibi depolama dönemleri süresince TBARS değeri 0. güne göre önemli derece yükselmiştir ($p<0.05$). En yüksek değere 150. ve 180. günde ulaşmıştır. Hamsi unu içeren bu iki örneğin yüksek doymamış yağ içeriği nedeniyle 0. günde dahi kontrol gruplarına göre yüksek TBARS değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Bu nedenle örneklerde malondialdehit oluşumu kontrol gruplarına göre daha fazla olmuş ve depolama dönemleri boyunca yağ oksidasyonunun göstergesi olan ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen TBARS değerleri artış göstermiş, ancak kabul edilebilir sınır olarak daha öncede ifade edilen 8 mg MDA/kg değerini aşmamıştır.

Çeşitli sebzeler ile birlikte hamsi eti de içeren keklerde yapılan bir çalışmada TBA değeri başlangıçta 0.85 mg/kg olarak bulunmuş, 12 gün buzdolabında depolama sonunda ise 1.25 mg/kg' a yükseldiği bildirilmiştir (Inanli vd, 2011). Çalışmada verilen bu değerler hamsi unu içeren mısır ekmeklerine göre önemli ölçüde düşüktür. Hamsinin kurutulması sırasında uygulanan ısı işlem ve kurutma sırasında hava ile temasının fazla olması nedeniyle Çizelge 4.2' de de belirtildiği üzere TBARS değeri taze filetoya göre artış göstermiş ve 6.86 ± 1.20 mg MDA/kg olarak bulunmuştur. Hamsi keki ile yapılan çalışmada ise taze filetoda TBA 3.29 mg/kg verilmiştir (Inanli vd, 2011). Dolayısıyla başlangıç hammaddesindeki yüksek TBARS değeri üründe de TBARS değerinin daha yüksek olmasına yol açmaktadır.

TBARS değerinin artmasını engellemek ve çeşitli ürünlerin raf ömrünü artırmak için kekik ve karanfil ekstraktlarının kullanımı (Bensid vd, 2014), mersin, biberiye, ısırgan otu ekstraktlarının kullanımı (Turhan vd, 2009), gama radyasyon

uygulamasý (Tamac vd, 2015), dumanlama ve marinasýon (Ozogul vd, 2010), vakum ve modifiye atmosfer muhafaza etme (Gunsen vd, 2011), tuzlama ve kitosan kaplama (Czerner vd, 2011; Vimaladevi vd, 2015) gibi yöntemler denenmiştir. Hamsi marinatlarının radyasyon uygulamasından sonra vakum paketlenerek buzdolabında 10 ay boyunca depolanması sırasında TBARS değerlerindeki değişimin incelendiği bir çalışmada; 6 mg MDA/kg seviyesinde başlayan TBARS değeri 4 ay sonunda uygulanan gama radyasyon düzeyine (0-4 kGy) bağlı olarak 11-16 mg MDA/kg arasında değişmiştir (Tamac vd, 2015). TBARS değerinde depolamanın devamında ise lipid oksidasyonunun ilerleyen reaksiyonları nedeniyle bir miktar dūřuř gōstermiřtir. Radyasyon uygulamasının dozu arttıkça genel olarak TBARS miktarı dūřmüřtür. Radyasyon uygulamasının çeşitli mekanizmalar ile yaę oksidasyonunu engellemiş olabileceği veya MDA gibi oksidasyon ürünlerinin parçalanmasına sebep olabileceği bildirilmiştir.

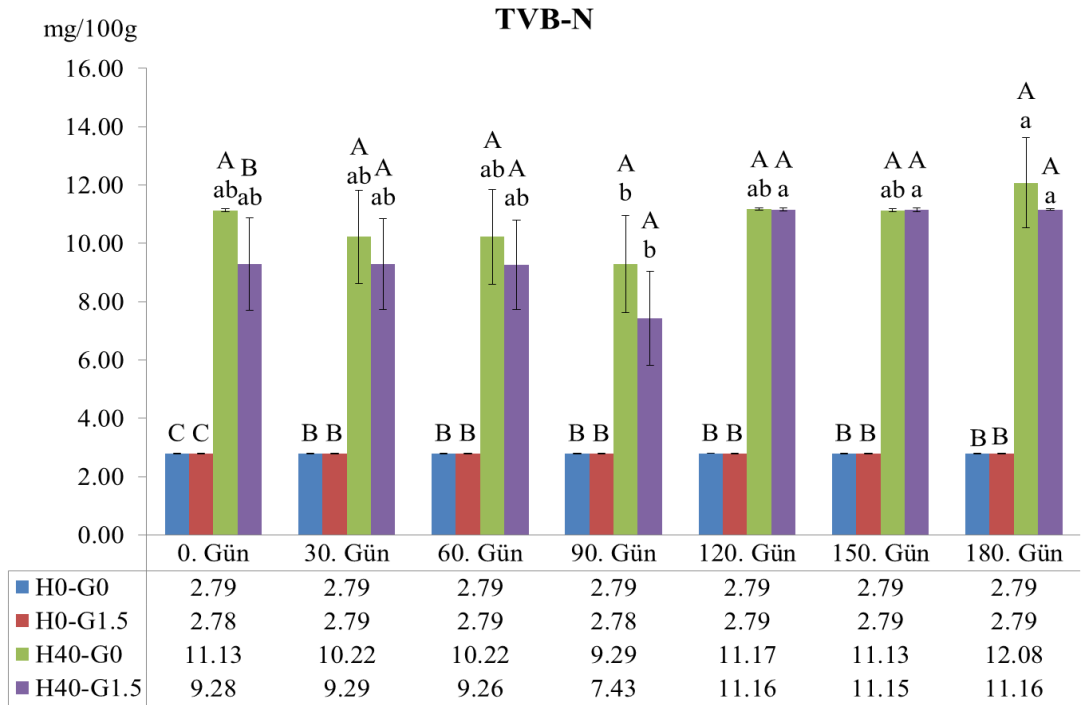
4.2.3. TVB-N sonuçları

TVB-N miktarı, mikrobiyolojik aktivite ve endojen enzimlerin aktivitesi ile bağlantılı olduğundan, TVB-N analizi balığın tazeliğinin belirlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerden bir tanesidir (Küükgölmez, 2011). Mikrobiyal aktivite sonucunda, proteinlerin ve diğer azotlu maddelerin yıkılması sonucunda uçucu bazlar oluşmaktadır (Yerlikaya vd, 2005).

Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TVB-N değerlerindeki değişim şekil 4.13' de verilmiştir. 0. günden itibaren tüm örnekler için TVB-N değerleri depolama süresinin sonuna kadar kabul edilebilir sınırların içerisindedir (Boran vd, 2008).

H0-G0 örneklerinin başlangıç ve 180. gündeki TVB-N değeri 2.79 mg/100g olarak kaydedilmiştir. H0-G1.5 örneğinde 0.gün 2.78 mg/100g' dan 2.79 mg/100g' a değişirken, H40-G0 örneğinde başlangıç değeri 11.13 mg/100g, 180. gün değeri 12.08 mg/100g olmuştur. H40-G1.5 örneğinin ise TVB-N değeri 0. günde 9.28 mg/100g iken 180. günde 11.16 mg/100g' a yükselmiştir. Aynı depolama döneminde örnekler arasında ve depolama dönemleri arasında yalnızca H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinin TVB-N değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Tüm depolama dönemlerinde H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin TVB-N değerleri arasında istatistiksel bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$), bu örneklerin TVB-N değerleri H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinden daha düşüktür ($p<0.05$). 0. gün dışında tüm depolama dönemlerinde hamsi unu içeren örneklerin TVB-N değerleri arasında istatistiksel açıdan bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Depolama süresi boyunca tüm örneklerin TVB-N değerleri istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.13. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TVB-N değerleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

Uçucu bazı bileşenler genellikle mikroorganizma faaliyetleri sonucunda proteinlerin parçalanması sonucu açığa çıkan bozulma ürünleridir. TVB-N değerlerinin raf ömrü süresinde başlangıç değerlerine göre değişim göstermemesi ürünün mikrobiyolojik olarak iyi muhafaza edildiğinin de göstermektedir. Raf ömrü analizleri süresince TVB-N değerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmemesinin nedenleri; hamsinin kurutulması sırasında mikrobiyal yükün azaltılması, kısmen pişirme tekniğinde uygulanan ısıl işlemin hem enzimlerin hem de mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlaması, vakum ambalajlama ile elde edilen

ortamın aerobik mikroorganizmalar için uygun olmaması ve dondurarak muhafaza yönteminin mikroorganizmaların aktivitelerini durdurmaya yönelik etkisi şeklinde sıralanabilir.

Soğan, sarımsak, yumurta, baharat gibi çeşitli bileşenler kullanılarak yapılan hamsi kekinde başlangıç TVB-N değeri 19.59 mg/100g kaydedilmiş, buzdolabı şartlarında (4 °C) 12 günlük depolama sonucunda ise 24.09 mg/100g' a yükselmiştir (Inanlı vd, 2011). Bu değerler hamsi unu içeren ekmek örneklerinde tespit edilen TVB-N değerlerinin oldukça üzerinde olup depolamayla da artış göstermiştir. Depolama sıcaklığının 4 °C olmasının mikrobiyal aktivitenin devam etmesine neden olduğu ve bu artışta önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

Derin pisi balığı kullanılarak yapılan burgerlerin ön kızartma (180 °C' de 30 sn) işleminden sonra hızla dondurularak -18 °C' de 5 ay süreyle polietilen ambalaj içerisinde muhafazası sırasında burgerlerin başlangıç TVB-N değeri 11.66 mg/100 g, 5. aydaki TVB-N değeri ise 14.60 mg/100g olarak bildirilmiştir (Mahmoudzadeh vd, 2010). Ön kızartma ve dondurarak muhafaza işlemlerinin etkisiyle TVB-N değerinin çok fazla artmadığı ve bu çalışmada da olduğu gibi kabul edilir sınırlar içerisinde kaldığı görülmektedir.

Karabalık (*Clarias gariepinus*) ve sarıbenli (*Barbus luteus*) etinden hazırlanan, vakumlu ve vakumsuz olarak ambalajlanarak dondurulan köftelerin -18 °C' de 6 ay süreyle muhafaza edildiği bir çalışmada, vakumlu köftelerin başlangıç TVB-N değerinin 14 mg/100g olduğu, ilk 3 ay sabit kaldığı, daha sonra 6. ayda 16.8 mg/100g' a kadar yükseldiği rapor edilmiştir (Ersoy, 2001). TVB-N değerinin depolama ile değişimi, çalışmamızdaki hamsi unu içeren örnekler ile paralellik göstermektedir. Vakumsuz köftelerde ise TVB-N değeri başlangıçta 14 mg/100g iken, 6 ay sonunda 18.20 mg/100' a yükselerek vakumlu örneklerle göre daha fazla artış göstermiştir (Ersoy, 2001). Oksijen ile kesilen temasın enzimatik parçalanmanın ve mikrobiyal aktivitenin önüne geçilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Söz konusu çalışmalar ve sonuçlar ışığında mikrobiyal ve endojen enzimatik bozulmaların göstergesi olan TVB-N değerinde artışın ürünlere uygulanacak ısıtma işlem ve sonrasında dondurarak muhafaza tekniğinin kullanımıyla kontrol altında tutulabileceği görülmüştür.

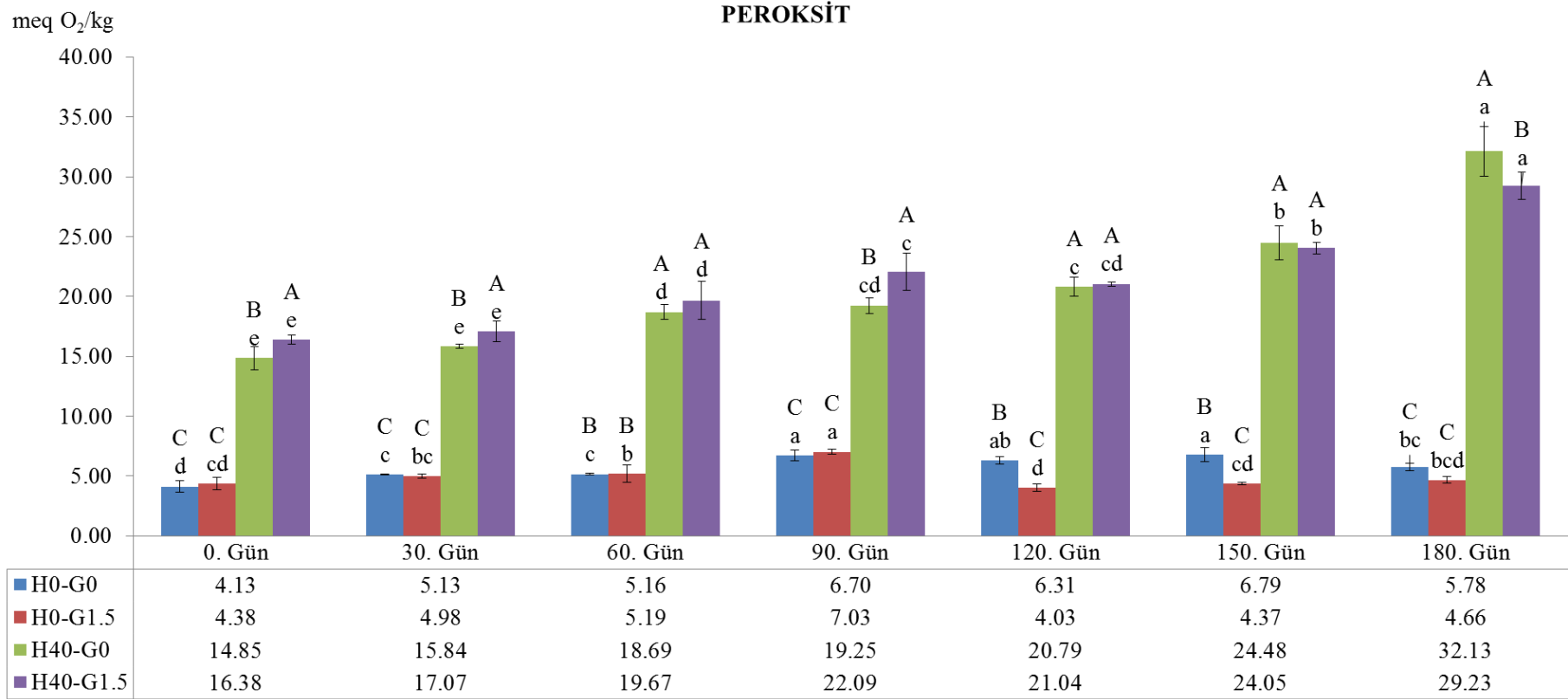
4.2.4. Peroksit sonuçları

Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince peroksit sayılarındaki değişim Şekil 4.14' de verilmiştir. Aynı depolama döneminde örnekler arasında ve depolama dönemleri arasında örneklerin peroksit değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Peroksit değeri erken dönem yağ oksidasyonunu belirlemek için uygun bir yöntemdir (Turhan vd, 2009). Yağ oksidasyonu, serbest radikallerin reaksiyonları ile çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidatif parçalanması olarak tanımlanmaktadır.

Oksidasyon, hidroperoksitlerin oluşmasıyla sonuçlanan bir otooksidasyondur. Ortamda bulunan oksijenin, ışığın, sıcaklığın ve ağır metallerin etkisiyle yağ asidi serbest radikallere parçalanmaktadır. Oluşan serbest radikal ile oksijenin reaksiyona girmesi sonucunda zincir reaksiyon uzamaktadır ve peroksit radikalleri meydana gelmektedir. Bu peroksit radikalleri reaksiyona girmeyen yağ asidi moleküllerinin hidrojen atomları ile reaksiyona girerek hidroperoksitleri ve yeni serbest radikalleri oluşturmaktadır (Küçükgülmez, 2011). Oksidasyon sonucu oluşan hidroperoksitlerin de gıdaların tadında olumsuzluğa yol açan hidrokarbonlar, ketonlar ve diğer maddeler gibi çok çeşitli karbonil gruplarına kolayca parçalandığı bildirilmiştir (Shah vd, 2009). Balık yağı kolay okside olabilen ve yüksek miktarda peroksit oluşumuna sebep olan çoklu doymamış yağ asitlerini fazla miktarda içermesi nedeniyle, depolama süresine bağlı olarak peroksit değerinin yükseldiği birçok çalışmada bildirilmiştir (Hernandez-Herrero vd, 1999; Olsen vd, 2005; Boran vd, 2008; Turhan vd, 2009; Aydın ve Gokoglu, 2014; Bensid vd, 2014). Balıklarda peroksit değeri için kabul edilir üst limitin 20 meq O₂/kg olduğu (Shah vd, 2009), 100 meq O₂/kg ve üzerinde peroksit miktarının ise nörotoksik etki gösterdiği rapor edilmiştir (Ozogul vd, 2010).

H0-G0 örneklerinin başlangıç peroksit değeri 4.13 meq O₂/kg olarak bulunmuş ve 180. gündeki peroksit değeri 5.78 meq O₂/kg' a yükselmiştir. H0-G1.5 örneğinde 0. gün 4.38 meq O₂/kg' den 180. gün 4.66 meq O₂/kg' a ulaşırken, H40-G0 örneğinde başlangıç değeri 14.85 meq O₂/kg, 180. gün değeri 32.13 meq O₂/kg olmuştur. H40-G1.5 örneğinin peroksit değeri 0. gün 16.38 meq O₂/kg' den, 180. gün 29.23 meq O₂/kg' a yükselmiştir.



Şekil 4.14. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince peroksit sayıları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

0. günden itibaren H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin peroksit değerleri arasında yalnızca 120. ve 150. günlerde önemli fark görülmüş ve H0-G0 örneğinin peroksit değeri daha yüksek belirlenmiştir ($p<0.05$). Tüm depolama dönemlerinde H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin peroksit değeri H40-G0 ve H40-G.15 örneklerinden daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde H40-G.15 örneğinin peroksit değeri H40-G0 örneğinden daha yüksektir ($p<0.05$). 30. ve 90. günlerde de aynı sonuç görülmektedir ($p<0.05$). 60, 120 ve 150. günlerde ise H40-G0 ve H40-G.15 örnekleri arasında fark görülmemiştir ($p>0.05$). 180. günde H40-G0 örneğinin peroksit değeri H40-G.15 örneğinden daha yüksek olmuştur ($p<0.05$).

Depolama süresince ekmek örneklerinin peroksit değerlerindeki değişim incelendiğinde; H0-G0 örneğinin peroksit değeri önemli ölçüde değişmiştir ($p<0.05$). 0. günden itibaren H0-G0 örneğinin peroksit değeri artış göstermiş ve 90. ve 150. günlerde en yüksek değerine ulaşmıştır ($p<0.05$). 120. günde ise 90. ve 150. günlere istatistiksel olarak benzer bir değere sahip olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). 180. günde ise peroksit değeri tekrar düşüş göstermiştir.

H0-G1.5 örneğinin peroksit değeri 0. güne göre 60. ve 90. günlerde yükselmiş ($p<0.05$) ve 90. gün en yüksek değere ulaşmıştır ancak depolamanın devamında 180. günde dahil olmak üzere tekrar düşüş göstererek 0. güne yakın değere sahip olmuştur ($p>0.05$).

H40-G0 örneğinin peroksit değeri 0. ve 30. günlerde istatistiksel olarak benzer bulunmuş ($p>0.05$), ancak 60. günden itibaren artış göstererek en yüksek değere 180. günde ulaşmıştır ($p<0.05$). H40-G1.5 örneğinin depolama süresince peroksit değerindeki değişim H40-G0 örneği ile aynı şekilde seyretmiştir ve en yüksek değere 180. günde ulaşmıştır ($p<0.05$).

Peroksit değerinin, oksidasyonun devamı ile yerini ikincil oksidasyon ürünlerine bırakmasıyla düşmesi beklenen bir durumdur (Hernandez-Herrero vd, 1999; Mahmoudzadeh vd, 2010; Ozogul vd, 2010). Bu durum H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde görülmüştür. Özellikle, H0-G0 örneğinde 150. günden, H0-G1.5 örneğinde 120. günden sonra örneklerin peroksit değeri düşüş eğilimi göstermiştir. Hamsi unu içeren H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde ise sahip oldukları yüksek miktarda doymamış yağ asidi içeriği nedeniyle birincil oksidasyon basamağının 6

aylık depolama döneminde tamamlanmadığı ve dolayısıyla peroksit değerinin yükselmeye devam ettiği düşünülmektedir.

Ozogul vd (2010) dumanlanıp marine edilen hamsilerin 4 °C’ de depolanması sırasında çeşitli kalite özelliklerindeki değişimleri araştırmışlardır. Peroksit değerinin başlangıçta 0.68 meq O₂/kg olduğu, 5 ayda 30.41 meq O₂/kg’ a kadar yükseldiği, 6. aydan itibaren ise birincil oksidasyon ürünlerinin parçalanmaya başlamasıyla önemli düzeyde düşmeye başladığını bildirmişlerdir.

Hamsi marinatlarında oksidasyonu önlemek için çeşitli ekstraktların kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Gokoglu vd (2012) domates ve sarımsak ekstraktlarının hamsi marinatlarının depolanması sırasında peroksit değeri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Domates ve sarımsak ekstraktlarının peroksit değerinin kontrol örnekleri kadar hızlı yükselmesini önlediği, domates ekstratının ise daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

HME örnekleri, üretimde kullanılan hamsi ununun peroksit değerinin yüksek olması nedeniyle depolama başlangıcından itibaren düşük peroksit içeriğine sahip değillerdir. Ancak 90. güne kadar peroksit değerleri kabul edilir sınırlar içerisinde bulunmuştur. Daha sonraki depolama dönemlerinde de peroksit değerleri artış gösterse de, vakum ambalaj içerisinde depolamanın etkisiyle, geleneksel Japon yiyeceği niboshi’ de (Takiguchi, 1996) olduğu gibi yüksek bir artış göstermemiştir. Vakum ambalajda depolamanın niboshi örneklerinde de oksidasyonu önemli ölçüde yavaşlattığı yapılan bir çalışmada belirtilmiştir (Shozen vd, 1997).

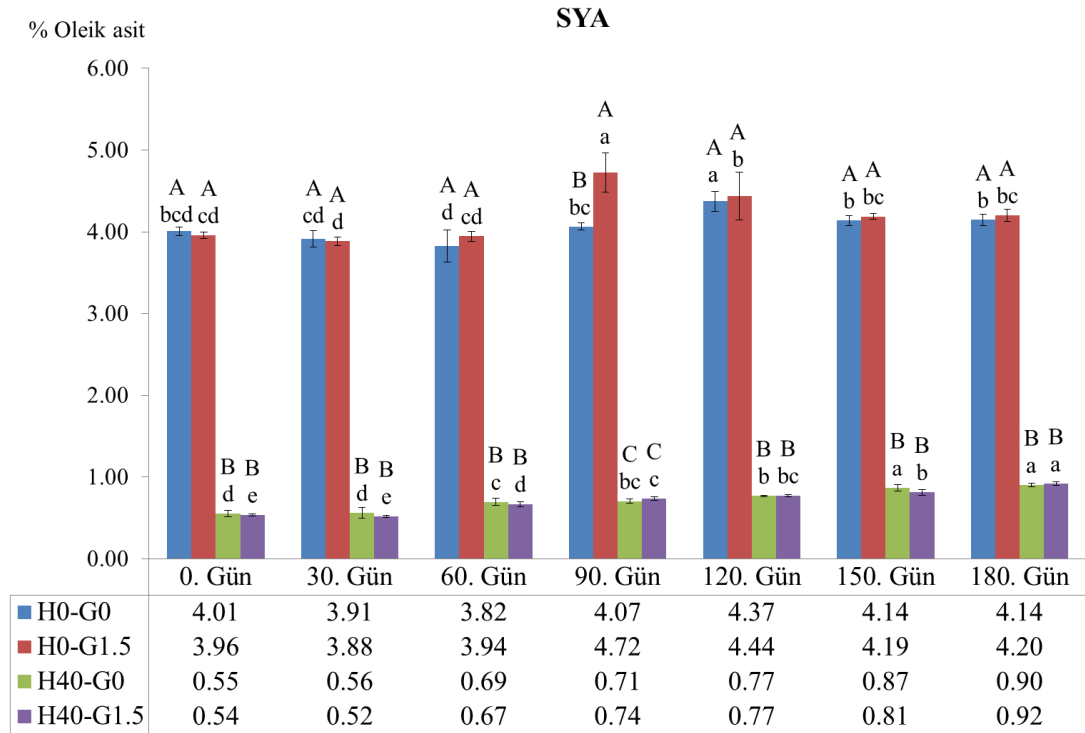
4.2.5. Serbest yağ asidi (SYA) sonuçları

Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince SYA değerlerindeki değişim Şekil 4.15’ de verilmiştir. Aynı depolama döneminde örnekler arasında ve depolama dönemleri arasında örneklerin SYA değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir (p<0.05).

H0-G0 örneklerinin başlangıç SYA değeri % 4.01 olarak bulunmuş ve 180. gündeki SYA değeri % 4.14’ e yükselmiştir. H0-G1.5 örneğinde 0.gün % 3.96’ dan 180. gün % 4.20’ e ulaşırken, H40-G0 örneğinde başlangıç değeri % 0.55, 180. gün değeri % 0.90 olmuştur. H40-G1.5 örneğinin ise SYA değeri 0. gün % 0.54, 180. gün ise % 0.92’ ye yükselmiştir.

90. gün hariç tüm depolama dönemlerinde; H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin SYA miktarı istatistiksel olarak birbirlerinden farklı bulunmamıştır ($p>0.05$) ve H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinden önemli ölçüde yüksek belirlenmiştir ($p<0.05$). 90. günde ise H0-G1.5 örneğinin SYA miktarı H0-G0 örneğinden daha yüksek belirlenmiştir ($p<0.05$).

H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde bulunan yağ, büyük oranda mısır unundan gelmektedir. Mısır ununda bulunan yağın, unun depolanması sırasında hidrolize olarak taze işlenen hamsiden elde edilen hamsi ununda bulunan yağa göre daha yüksek oranda SYA içeriğine sahip olduğu, dolayısıyla kontrol grubu olan ekmek örneklerinin hamsi unu içeren örneklerle göre SYA oranının daha yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.15. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince SYA değerleri. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

H0-G0 örneğinin SYA miktarının depolama dönemlerine göre değişimi incelendiğinde, 0. gün miktarına göre yalnız 120. günde önemli derecede artış belirlenmiştir ($p<0.05$), onun dışında diğer dönemlerde önemli bir fark oluşmamıştır ($p>0.05$). H0-G1.5 örneğinde ise başlangıç SYA miktarına göre 90. ve 120. günlerde

önemli derecede artış görülmüştür. En yüksek SYA miktarı 90. günde belirlenmiştir ($p<0.05$). Diğer dönemler arasında ise istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). 180 gün depolamanın ardından H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin SYA miktarı başlangıç değerleriyle benzer bulunmuştur. Uygulanan depolama şeklinin yağ oranı oldukça düşük olan bu örneklerde SYA oluşmasını engellemek açısından uygun olduğu görülmüştür.

H40-G0 örneklerinde ise 0. gün SYA miktarı ile karşılaştırıldığında 60. günden itibaren artış gözlenmeye başlanmış ($p<0.05$), 150 ile 180. gün depolama dönemlerinde ise en yüksek değerine ulaşmıştır ($p<0.05$). SYA miktarındaki değişime benzer durum H40-G.15 örneklerinde de gözlenmiştir ve en yüksek SYA miktarı 180. günde tespit edilmiştir ($p<0.05$). SYA miktarlarındaki artışa rağmen hamsi unu içeren örneklerin 180 gün sonundaki SYA miktarları % 1 seviyesine dahi ulaşmamıştır. Vakum ambalajlanıp dondurarak depolama yönteminin, yağların parçalanarak SYA oluşma riskini önemli ölçüde önlediği sonucuna varılmıştır.

Yağların hidrolizinde en önemli etkenlerden birisinin lipaz ve fosfolipaz gibi enzimler olduğu bilinmektedir (Ozogul vd, 2010; Turhan vd, 2011). Ekmek üretiminde kısmen pişirme tekniği ile örneklerin ısıtılma (200 °C) tabi tutulduktan sonra depolanmaya başlanması nedeniyle örneklerdeki yağ hidrolizini artıracak olan bu enzimlerin büyük oranda parçalandığı düşünülmektedir. Turhan vd (2011) yaptıkları çalışmada fırınlama, kızartma ve ızgarada pişirme işlemlerinin ardından hamsilerin SYA miktarında düşüş olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, ısıtılma işlemin etkisiyle enzimlerin inaktive edildiğini ve bir miktar uçucu serbest yağ asidinin ise sıcaklığın etkisiyle ortamdan uzaklaştığını bildirmişlerdir.

Aydin ve Gokoglu (2014) dondurma sıcaklığı ve süresinin hamsilerin yağ oksidasyonu üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, -20, -40 ve -80 °C' de dondurulup -18 °C' de 6 ay depolanması ile hamsinin peroksit, TBA ve SYA değerlerini belirlemişlerdir. -20 °C' de dondurulan örneklerin TBA değerini 0. ayda 1.53 mg/kg, 6. ayda ise 13.32 mg/kg, peroksit değerini 0. ayda 2.32 meq/O₂, 6. ayda ise 39.95 meq/O₂, SYA miktarını ise 0. ayda 1.33 g/100g, 6. ayda 4.83 g/100g olarak bildirmişlerdir. Bu sonuçlar HME örneklerinden 6. ay sonunda elde edilen sonuçlardan daha yüksektir. Depolama sıcaklığı benzer olmasına ve 0. gün değerleri HME örneklerinde genel olarak daha yüksek olmasına rağmen yapılan çalışma sonunda daha yüksek değerler kaydedilmiştir. Bunun nedeninin örneklerin vakum

ambalaj ile depolanmamış olmasından kaynaklandığı ve oksijen ile temasın kesilmemesinin sonucu olduğu düşünülmektedir. -80 °C’ de dondurulan örneklerde ise TBA ve peroksit sonuçlarının daha düşük sıcaklıklarda dondurulan örneklerden daha iyi olduğu bildirilmiştir ve bu sonuçlar HME ekmekleri ile daha benzerdir.

Shiriskar vd (2010) 5 dakika % 10’ luk tuzlu suda kaynattıktan sonra kuruttukları hamsi örneklerinin plastik torba içerisinde 30 °C sıcaklıkta depolanması sırasında çeşitli kalite özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. 15 hafta boyunca depolanan örneklerde TVB-N değeri 28 mg/kg’ dan 56.20 mg/kg’ a, peroksit değeri 1.57 meq/O₂’ den 7.64 meq/O₂’ e, SYA miktarı ise % 0.28 (oleik asit)’ ten % 1.90 (oleik asit)’ e yükselmiştir. SYA ve peroksit değerlerinin HME örneklerinden düşük, TVB-N miktarının ise oldukça yüksek bulunduğu görülmektedir. Hamsilerin iç kısımları temizlenmeden kısa süreli kaynatılıp kurutulmasının ardından iç organların temizlenmesi nedeniyle iç organlardan kaynaklı mikroorganizma yükünün fazla olmasının TVB-N değerinin yüksek olmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Turhan vd (2011) hamsi filetolarının yağ kalitesi üzerine fırınlama, kızartma ve ızgarada pişirme yöntemlerinin etkisini araştırmışlardır. Hamsi filetonun peroksit değerinin 4 meq O₂/kg’ dan ızgarada pişirme ile 16 meq O₂/kg düzeyine kadar ulaştığını, SYA miktarının % 4 (oleik asit)’ ten kızartma ile % 2.84’ e kadar düştüğünü, TBA değerinin ise 0.4 mg MDA/kg’ dan ızgarada pişirme ile 3.5 mg MDA/kg’ a kadar yükseldiğini bildirmişlerdir. Fırınlama işleminin yağ kalitesine etki açısından genel olarak tüm parametrelerde iyi sonuçlar verdiğini kaydetmişlerdir. HME üretiminde uygulanan fırında pişirme işleminin ürünün yağ kalitesinde kaybın az olmasını sağlayacak yöntemlerden biri olduğu sonucunu kuvvetlendirmektedir.

4.2.6. Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Kısmen pişirme tekniğine göre üretilen ekmek örneklerinin üretim aşamasından tüketilecek hale gelene kadar mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimleri gözlemek amacıyla örneklerin; hamur (H), kısmen pişirilmiş (KP), kısmen pişirildikten sonra vakum ambalajlanıp -20 °C’ de bir gün dondurulmuş (KPD) ve önceden belirlenen tam pişme süresince pişirilmiş (TP) hallerinde olmak üzere 4 aşamada çeşitli mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda KPD örneklerin raf ömrü analizinde planlanan depolama dönemleri boyunca çeşitli mikrobiyolojik özellikleri de incelenmiştir. Hem aynı depolama döneminde örnekler

arasındaki, hem de örneklerin depolama dönemleri arasındaki farklılıklar da araştırılmıştır.

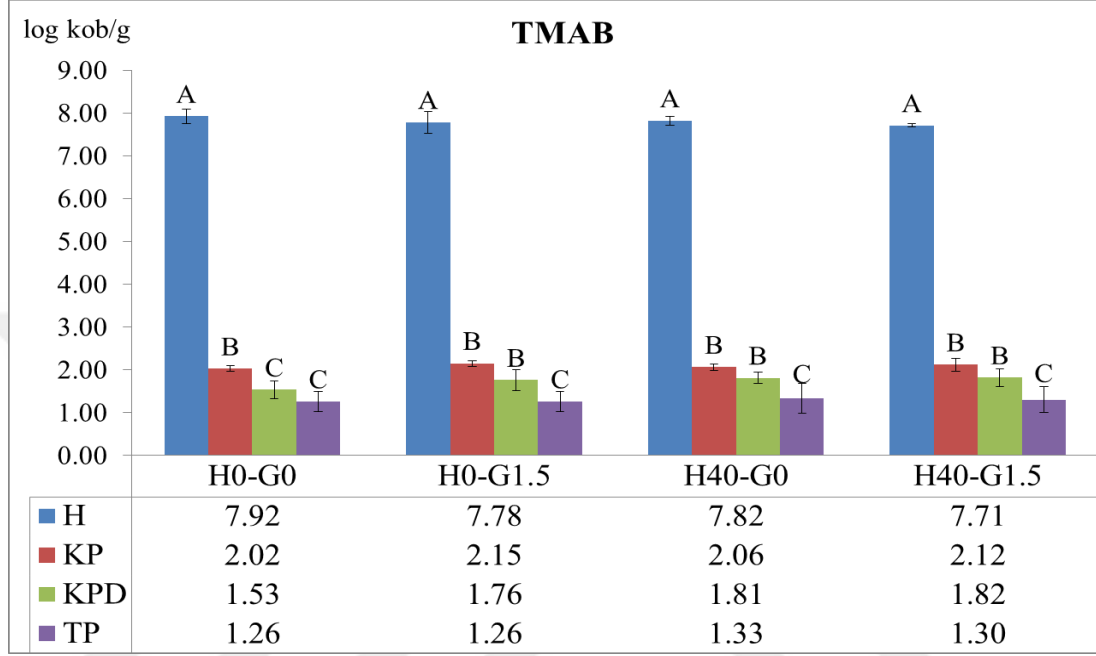
Gıdanın kimyasal bozulmasıyla birlikte tüketilebilirliğini en çok etkileyen parametre mikrobiyolojik özelliklerdir. Gıdanın mikrobiyolojik açıdan bozulmasının gıdayı tüketilemez hale getirmesinin yanında, çok çeşitli sağlık problemlerine de yol açabildiği bilinmektedir. Dolayısıyla gıda ürünlerinin raf ömrü çalışmalarında mikrobiyolojik kalite oldukça önemli bir parametredir. Çeşitli ısı işlemleri, muhafaza yöntemleri, koruyucular, depolama yöntemleri gibi uygulamalar ile gıdaların raf ömrü artırılmaya çalışılmaktadır. Ekmek gibi taze, hatta günlük tüketilme alışkanlığı olan ürünlerde bile mikrobiyolojik güvenliği sağlamaya ve raf ömrünü artırmaya yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur. Bununla birlikte mikrobiyolojik olarak riskli gıdalar grubuna giren su ürünlerinde ise bu durum daha büyük önem arz etmektedir. Gıdaların depolanması öncesinde pastörizasyon, sterilizasyon, ön pişirme, dumanlama, antimikrobiyal maddeler ilave etme, soğukta veya dondurarak depolama, ambalajlama, vakum veya modifiye ambalajlama, radyasyon uygulama, UV ışık uygulama, yüksek basınç uygulama gibi pek çok yöntem veya yöntemler kullanılmaktadır. Kısmen pişirme tekniğinin de gıdanın taze olarak kısa sürede hazırlanarak tüketilmesini sağlamanın yanı sıra, gıdada bulunan mikrobiyal yükün azalmasını ve dolayısıyla raf ömrünün artmasını da sağladığı düşünülmektedir. Ancak genellikle ekmekte ve fırın ürünlerinde kullanılan kısmen pişirme tekniği uygulamasının ürünlerin mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırarak çalışmalara literatürde fazla rastlanmamıştır.

4.2.6.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sonuçları

Kısmi pişirme metoduyla üretilen ekmek örneklerinin üretim aşamalarında TMAB sayılarındaki değişim Şekil 4.16’ da verilmiştir.

Ekmek örneklerine ait formülasyonlarda hazırlanan ve fermantasyona bırakılan örnek hamurlarının TMAB sayıları H0-G0 örneğinde 7.92 ± 0.17 , H0-G1.5 örneğinde 7.78 ± 0.26 , H40-G0 örneğinde 7.82 ± 0.10 ve H40-G1.5 örneğinde 7.71 ± 0.04 log kob/g olarak belirlenmiştir. Hamsi unu ve sebze karışımı içeren örnekler ile kontrol grubu örneklerin TMAB sayıları arasında istatistiksel olarak bir fark belirlenmemiştir ($p > 0.05$). Hammaddeler arasında mikrobiyal yükü en yüksek olması beklenen taze hamsinin TMAB sayısı 3.6 - 4 log kob/g aralığında bildirilmiştir (Careche vd, 2002;

Kilinc, 2009). Fermantasyonun etkisi ile ekmek hamurlarının mikrobiyal yükü beklendiği gibi yükselmiştir. *S.cerevisiae* kullanılarak fermente edilen pizza hamurlarında yapılan bir çalışmada fermantasyon sonunda TMAB sayısı HME hamurlarına oldukça benzer olarak 7.55 log kob/g olarak belirtilmiştir (Coppola vd, 1998).



Şekil 4.16. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında TMAB sayıları (log kob/g). Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı örnekte üretim aşamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$). H: Hamur; KP: Kısmen pişirilmiş ekmek; KPD: Kısmen pişirilmiş dondurulmuş ekmek; TP: Tam pişmiş ekmek

Kısmen pişirme işleminin TMAB sayısı üzerine etkisi tüm örneklerde beklenildiği üzere önemli derecede olmuştur ($p < 0.05$). KP örneklerin TMAB sayıları 2.02-2.15 log kob/g aralığına düşmüştür. KP ekmek örneklerinin TMAB sayıları arasında ise önemli bir fark olmamıştır ($p > 0.05$). Ön pişirme işlemi yapılan ton balıklı lazanya örneklerinin TMAB sayısı da yapılan bir çalışmada 2.23 log kob/g olarak verilmiştir (Pourashouri vd, 2013). Aynı çalışmada vakum paket içerisinde buzdolabı koşullarında muhafaza edilen örneklerin 35 gün sonunda TMAB sayısı 1.50 log kob/g'a düştüğü bildirilmiştir. Ozogul ve Balıkcı (2013) yaptıkları çalışmada orkinos filetolarının 85 °C'de 50 dakika ısıtılmasına tabi tutulmasıyla TMAB sayısının 3.38 log kob/g olduğunu bildirmişlerdir.

KPD ekmek örneklerinin TMAB sayıları arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). KPD örneklerden yalnızca H0-G0 örneğinin TMAB sayısı

KP haline göre istatistiksel olarak önemli derecede düşmüştür ($p<0.05$) ancak diğer örneklerde dondurma işleminin etkisiyle örneklerin TMAB sayılarında önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). KP örneklerin vakum ambalajlanıp dondurulduktan yalnızca bir gün sonra analize alınması nedeniyle dondurma işleminin TMAB sayısı üzerine etkisinin fazla gözlenemediği düşünülmektedir.

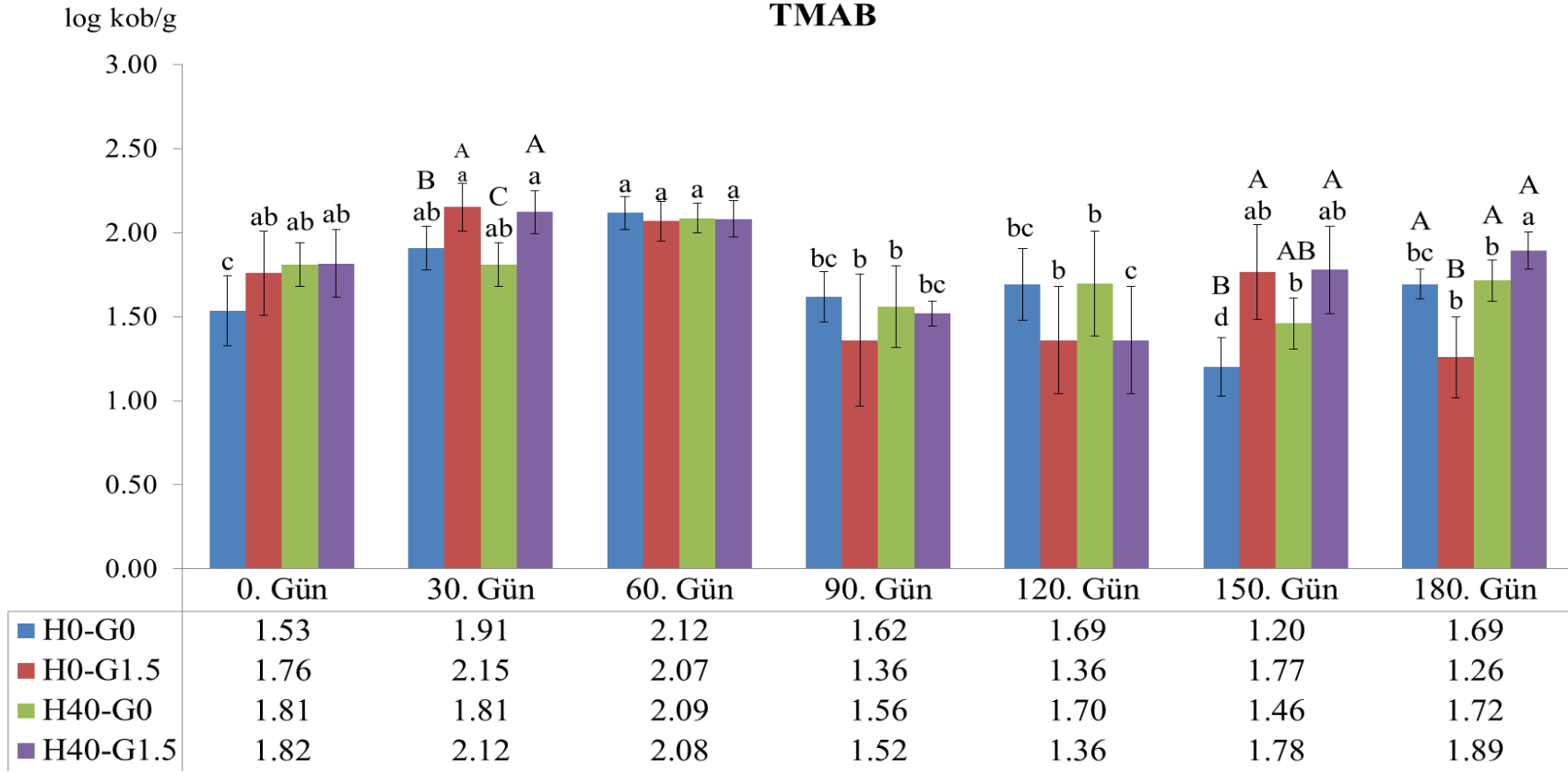
KPD örnekler tam olarak pişmesi için uygulanan ikinci pişirme işleminin sonunda tüm örneklerin TMAB sayılarında düşüş yaşanmıştır. Yalnız H0-G0 örneğinde bu düşüş istatistiksel olarak önemli düzeyde olmamıştır ($p>0.05$). TP ekmek örneklerinin TMAB sayıları arasında da istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Tüm bu sonuçlar, hamsi unu, sebze karışımı ve ksantan gam ilavesinin üretimin tüm aşamalarında TMAB sayısı üzerine istatistiksel bir etkisi olmadığını göstermektedir ($p>0.05$).

Kısmen pişirilip vakum ambalajlanarak dondurulmuş şekilde (KPD) muhafaza edilen ekmek örneklerinin depolama süresince TMAB sayılarındaki değişim Şekil 4.17' de verilmiştir. Ekmek örneklerinin depolama süresince TMAB sayılarında istatistiksel olarak önemli farklar oluştuğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Ekmek örneklerinin 0. gün ve 180. gün TMAB sayıları H0-G0 örneğinde 1.53 ± 0.21 - 1.69 ± 0.09 log kob/g, H0-G1.5 örneğinde 1.76 ± 0.25 - 1.26 ± 0.24 log kob/g, H40-G0 örneğinde 1.81 ± 0.13 - 1.72 ± 0.12 log kob/g ve H40-G1.5 örneğinde 1.82 ± 0.20 - 1.89 ± 0.11 log kob/g olarak belirlenmiştir.

30. günde H0-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinin TMAB sayıları diğer örneklerden yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). 150. günde yine H0-G1.5 ve H40-G1.5 örneklerinin TMAB sayıları yüksek bulunmuştur. Ancak, H40-G0 örneğinin TMAB sayısı bu iki örnekten istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0.05$). 180. günde ise H0-G1.5 örneğinde TMAB sayısı diğer örneklerden daha düşük belirlenmiştir ($p<0.05$).

Depolama dönemleri boyunca H0-G0 örneği en düşük TMAB sayısına 150. günde, en yüksek TMAB sayısına 60. günde ulaşmıştır ($p<0.05$). H0-G0 örneğinin 30. gündeki TMAB sayısı ise 60. gün ile benzerdir ($p>0.05$).



Şekil 4.17. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TMAB sayıları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

H0-G1.5 örneğinin en yüksek TMAB sayısı 30 ve 60. günlerde belirlenmiştir. 0. ve 150. günlerdeki sayılarla aralarında önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). H40-G0 örneğinin en yüksek TMAB sayısı 60. günde belirlenirken, 0 ve 30. gündeki TMAB sayılarıyla da aralarında önemli bir fark oluşmamıştır ($p>0.05$). H40-G1.5 örneklerinin ise TMAB sayıları 0. güne kıyasla sadece 90. ve 120. günlerde düşüş göstermiştir ($p<0.05$). Diğer dönemler arasında ise önemli bir fark belirlenmemiştir ($p>0.05$).

Fagan vd (2003), mezgıt, orkinos ve somon balıklarının çeşitli muhafaza tekniklerinde TMAB bakteri sayılarındaki değişimleri incelemiştir. Taze mezgıt, orkinos ve somonda TMAB sayılarının sırasıyla 4.14, 4.52 ve 5.08 log kob/g olduğunu, -30 °C’ de 3 gün depolanmasının ardından ise bu değerlerin sırasıyla 4.04, 4.26 ve 4.78 log kob/g olduğunu bildirmişlerdir. Görüldüğü üzere TMAB sayılarında bir miktar azalma belirlenmiştir. Ekmek örneklerinde de benzer şekilde TMAB sayısı depolama boyunca önemli ölçüde değişmemiştir. Dondurarak muhafaza tekniğinin mikrobiyal yükün artmaması ve gıda güvenliğinin sağlanması konusunda uygulanan en etkin yöntemlerden biri olduğu bir kez daha ortaya konmuştur.

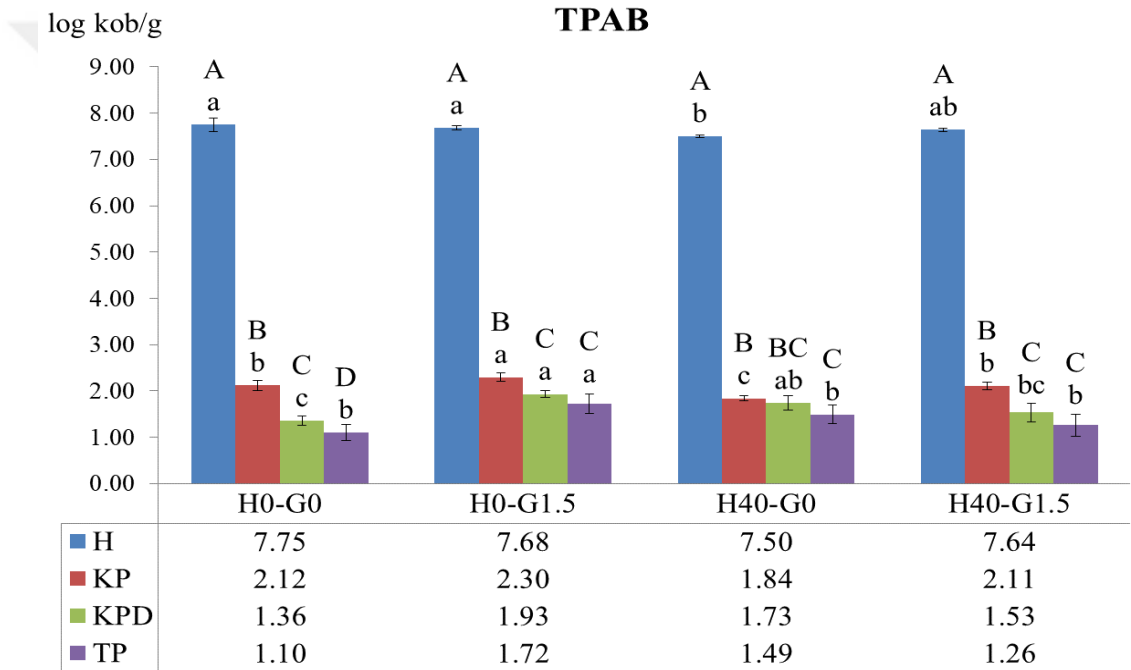
Depolama sonucunda örneklerin TMAB sayılarındaki değişim genel olarak değerlendirildiğinde, KPD örneklerin TMAB sayısı açısından iyi şekilde muhafaza edilebildiği ve depolama ile başlangıç (0.gün) TMAB sayılarına göre önemli bir değişim görülmediği ($p>0.05$) söylenebilmektedir.

4.2.6.2. Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sonuçları

Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında TPAB sayılarındaki değişim Şekil 4.18’ de verilmiştir. Raf ömrü analizi için seçilen tüm ekmek örneklerine üretim aşamalarında uygulanan işlemlerin, örneklerin TPAB sayılarına istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Ekmek örneklerinin hamurlarında bulunan TPAB sayıları H0-G0’ da 7.75 ± 0.15 , H0-G1.5’ da 7.68 ± 0.05 , H40-G0’ da 7.50 ± 0.10 ve H40-G1.5’ da 7.64 ± 0.04 log kob/g olarak belirlenmiştir. Fermantasyon işleminin etkisi örneklerin TPAB sayılarında da gözlenmektedir. Hamur halinde en düşük TPAB sayısı H40-G0 örneğinde tespit edilmiştir ($p<0.05$), diğer örneklerin TPAB değerleri arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Ekmek üretim aşamalarının örneklerin TPAB sayıları üzerindeki etkisi incelendiğinde, tüm örneklerde kısmen pişirme işlemi TPAB sayısını önemli ölçüde düşürmüştür ($p<0.05$). KP örneklerde en düşük TPAB sayısı H40-G0 örneğinde, en yüksek TPAB sayısı ise H0-G1.5 örneğinde belirlenmiştir ($p<0.05$). KPD örneklerin TPAB sayıları KP örnekler ile karşılaştırıldığında, H40-G0 örneği hariç tüm örneklerde istatistiksel olarak önemli oranda azaldığı görülmektedir ($p<0.05$). KPD örneklerin TPAB sayıları karşılaştırıldığında H0-G1.5 örneğinin en yüksek olduğu, H40-G0 örneğinin ise istatistiksel olarak bu örneğe benzer olduğu görülmüştür ($p>0.05$). En düşük TPAB sayısına ise H0-G0 örneğinin sahip olduğu, H40-G1.5 örneğinin ise ona benzer sayıda olduğu görülmektedir ($p>0.05$).



Şekil 4.18 Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında TPAB sayıları (log kob/g). Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$) H: Hamur; KP: Kısmen pişirilmiş ekmek; KPD: Kısmen pişirilmiş dondurulmuş ekmek; TP: Tam pişmiş ekmek

TP örneklerin TPAB sayıları uygulanan ısıtma işlemin etkisiyle düşüş göstermiştir. Ancak bu düşüş sadece H0-G0 örneğinde istatistiksel olarak önemli seviyede olmuştur ($p<0.05$). TP örneklerin TPAB sayıları karşılaştırıldığında en yüksek sayıya H0-G1.5 örneği sahiptir ($p<0.05$), diğer örneklerin TPAB sayıları arasında ise fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Kısmen pişirilip vakum ambalajlanarak dondurulmuş (KPD) olarak muhafaza edilen ekmek örneklerinin depolama süresince TPAB sayılarındaki değişim Şekil 4.19’ da verilmiştir. Tüm örneklerin TPAB sayılarının depolamaya bağlı olarak istatistiksel olarak önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir ($p<0.05$).

Ekmek örneklerinin 0. gün ve 180. gün TPAB sayıları H0-G0 örneğinde 1.36 ± 0.10 - 1.10 ± 0.17 log kob/g, H0-G1.5 örneğinde 1.93 ± 0.08 - 1.10 ± 0.17 log kob/g, H40-G0 örneğinde 1.74 ± 0.15 - 1.16 ± 0.28 log kob/g ve H40-G1.5 örneğinde 1.53 ± 0.21 - 1.10 ± 0.17 log kob/g olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; 0, 30, 60 ve 90. günlerde ekmek örneklerinin TPAB sayıları arasında istatistiksel fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$), depolamanın devamında ise 120, 150 ve 180. günlerde örnekler arasında fark görülmemiştir ($p>0.05$).

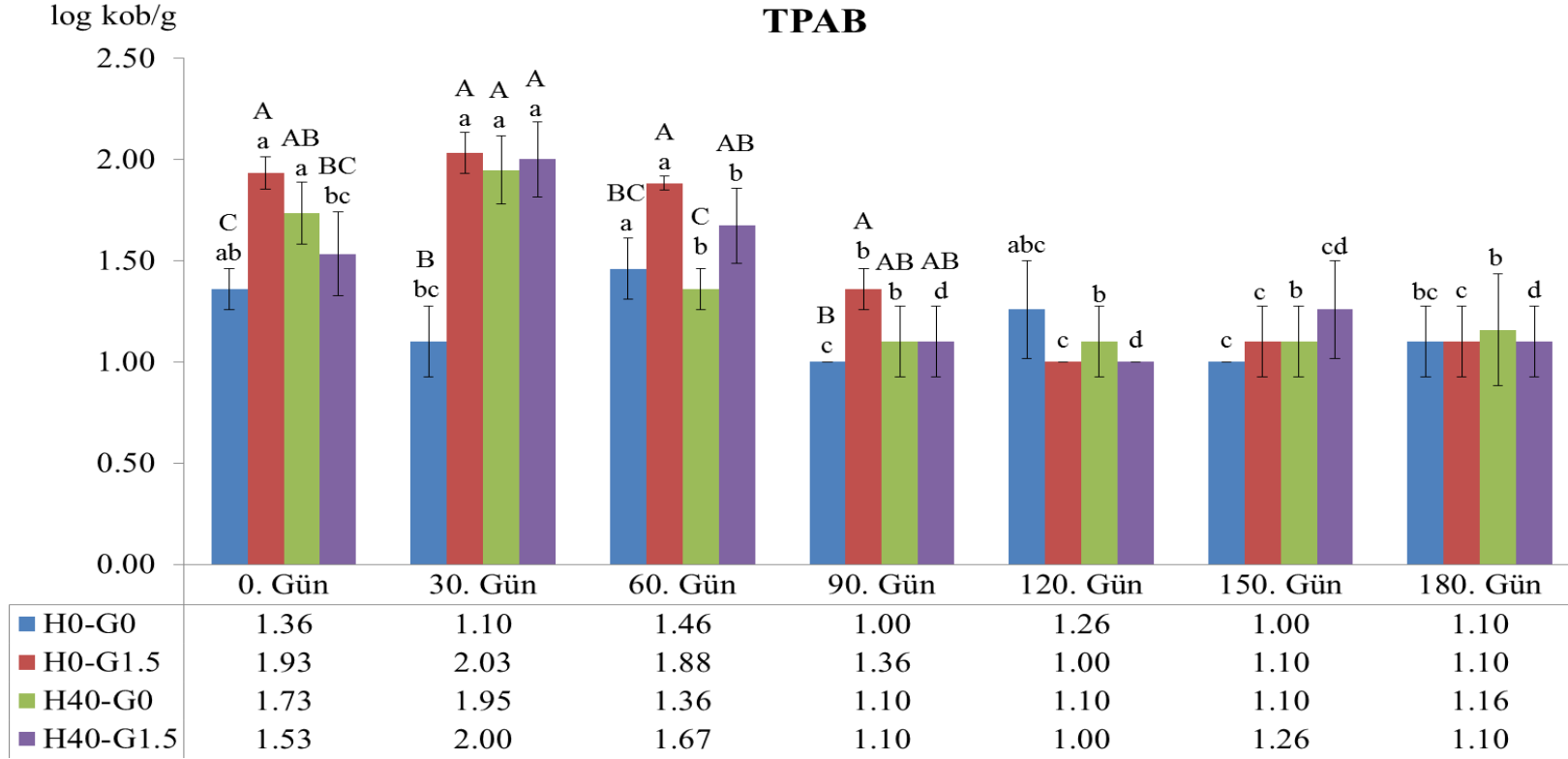
Örneklerin 0, 30, 60 ve 90. gün sonuçlarına bakıldığında, en yüksek TPAB sayısı H0-G1.5 örneğinde bulunmuştur ancak 0. günde H40-G0 örneği ile 30. günde H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleriyle, 90. günde ise H40-G1.5 örneği ile arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

0, 30 ve 90. günlerde en düşük TPAB değeri H0-G0 örneğinde belirlenmiştir. Ancak 0. günde H40-G1.5 örneği ile 90. günde H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri ile arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). 60. günde ise en düşük TPAB sayısı H40-G0 örneğinde belirlenmiş ve TPAB sayısı H0-G0 örneği ile benzer bulunmuştur ($p>0.05$). 120, 150 ve 180. günlerde ise örneklerin TPAB sayıları arasında istatistiksel bir farklılık kaydedilmemiştir ($p>0.05$).

H0-G0 örneğinin TPAB sayısı depolama dönemlerine göre salınım göstermiştir. 0. gün sayısına göre 90. ve 150. günlerde istatistiksel olarak düşüş göstermiş ($p<0.05$), diğer depolama dönemlerinde ise istatistiksel olarak önemli bir değişim olmamıştır ($p>0.05$).

H0-G1.5 örneğinin TPAB sayısı 0., 30. ve 60. günlerde en yüksek olmuş ($p<0.05$), 90. ve 120. günde önemli oranda düşüş göstermiş ($p<0.05$), daha sonraki depolama dönemlerinde ise 120. gün sayısına göre değişim yaşanmamıştır ($p>0.05$).

H40-G0 örneğinin TPAB sayısı 0. ve 30. günlerde en yüksek olmuş ($p<0.05$), 60. günde önemli oranda azalış göstermiş ($p<0.05$) ve depolamanın sonuna kadar aynı düzeyde kalmıştır ($p>0.05$).



Şekil 4.19. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince TPAB sayıları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$)

H40-G1.5 örneğinin TPAB sayısı 30. günde en yüksek değerine ulaşmış ($p<0.05$), 60. ve 150. günlerde TPAB sayısı başlangıç (0. gün) değeri ile benzer olmuş ($p>0.05$), diğer dönemlerde ise düşüş göstermiştir ($p<0.05$).

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; TPAB sayısı depolamanın 90. gününden itibaren düşüş eğilimine girmiştir. 180. günde ise H0-G0 örneği hariç tüm örneklerde başlangıç TPAB sayısına göre düşüş yaşanmıştır ($p<0.05$).

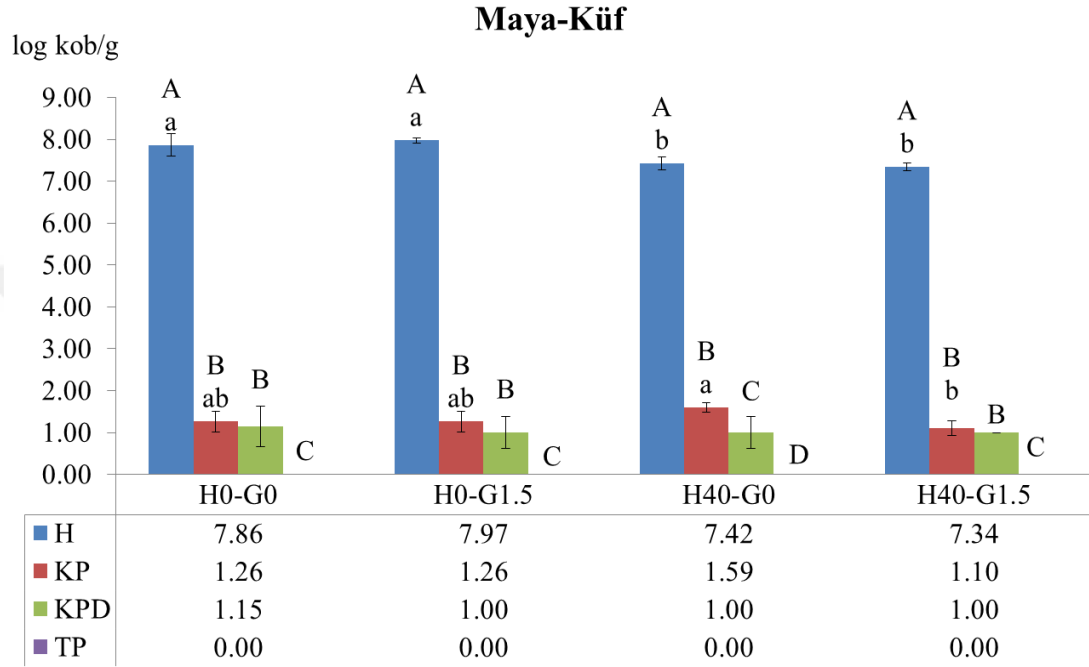
Psikrofilik bakteri sayısındaki değişimleri tespit etmek için yapılan çalışmaların genellikle 4 °C’ de yani buzdolabı koşullarında olduğu ve dondurulmuş ürünlerde psikrofilik bakteri sayısını inceleyen çalışma sayısının az olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada -18 °C’ de 3 ay depolanan levrek ve kömür balığı filetolarının TPAB sayısının 3.90 ve 4.76 log kob/g olduğu bildirilmiştir (Kilinc vd, 2009). Aynı çalışmada levrek ve kömür balığının TMAB sayıları da sırasıyla 3.85 ve 4.72 log kob/g olarak bildirilmiştir. Söz konusu sonuçlardan da görüleceği gibi balık örneklerindeki TPAB ve TMAB sayıları birbirine yakındır.

Dondurularak -18 °C’ de muhafaza edilen sığır köftelerinin TPAB sayısı başlangıçta 3.73 log kob/g iken 3 ay depolamanın ardından 5.7 log kob/g’ a kadar yükseldiği bir çalışmada bildirilmiştir (Abdel-Aziz ve Morsy, 2015). Benzer bir çalışma gümüş sazanı filetosunda da yapılmış ve TPAB sayısı başlangıçta 3 log kob/g olarak belirlenmişken, 90 gün sonunda 4.7 log kob/g olarak belirlenmiştir (Ehsani ve Jasour, 2014). Bu çalışmalardaki örnekler herhangi bir ısıl işleme tabi tutulmadan donduruldukları için ekmek örneklerine göre TMAB ve TPAB sayıları da oldukça yüksektir. Aynı zamanda psikrofilik bakteri sayısının dondurulmuş örneklerde depolamaya bağlı olarak artmaya devam ettiği de bu çalışmalardan görülmektedir.

Mikroorganizmaların vejetatif formlarının ekmek örneklerinde uygulanan kısmen pişirme işleminin etkisiyle büyük ölçüde inhibe edilmesinin depolama süresince TPAB sayısının artmasını önlediği düşünülmektedir. Vakum altında dondurularak depolamanın zamanla psikrofilik mikroorganizmaların hücre aktivitelerini durdurarak onları inhibe edici etkisi olduğunu göstermektedir.

4.2.6.3. Maya-Küf (MK) sonuçları

Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında MK sayılarındaki değişim Şekil 4.20’ de verilmiştir. Raf ömrü analizi için seçilen tüm ekmek örneklerine üretim aşamalarında uygulanan işlemlerin, örneklerin TPAB sayılarına istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu görülmektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.20. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında MK sayıları (log kob/g). Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Barlar üzerindeki küçük harfler aynı örnekte depolama dönemleri arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). H: Hamur; KP: Kısmen pişirilmiş ekmek; KPD: Kısmen pişirilmiş dondurulmuş ekmek; TP: Tam pişmiş ekmek

Ekmek hamurlarında bulunan MK sayısı H0-G0 örneğinde 7.86 ± 0.27 log kob/g, H0-G1.5 örneğinde 7.97 ± 0.06 log kob/g, H40-G0 örneğinde 7.42 ± 0.15 log kob/g ve H40-G1.5 örneğinde 7.34 ± 0.10 log kob/g olarak belirlenmiştir. Hamur örneklerine kuru maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ilave edilerek fermentasyona bırakılmasının sonucunda hamurlardaki MK sayısı oldukça yüksek belirlenmiştir.

Esasen et ve deniz ürünleri maya ve küf bozulması potansiyelinden ziyade bakteriyel bozulma potansiyeli ile bilinmektedir. Yenilebilir filmle kaplanmış ve dondurularak depolanmış bizon pirzolasında 90 gün depolama süresince maya ve küfe sayısının önemsiz seviyede olduğu bildirilmiştir (Ahamed vd, 2007). Benzer

şekilde buzdolabı koşullarında bekletilen çiğ hamsi köftelerinde yapılan çalışmada maya ve küfe rastlanmadığı rapor edilmiştir (Kilinc, 2009). 20 gün buzdolabı koşullarında muhafaza edilen hamsi marinatlarında da maya ve küf tespit edilmediği kaydedilmiştir (Tomac ve Yeannes, 2015).

Ekmek örneklerinden H0-G0 ile H0-G1.5 hamurlarında belirlenen MK sayısı H40-G0 ile H40-G1.5 örneklerinden daha yüksek belirlenmiştir ($p<0.05$). Hamsi unu içeren örneklerde daha düşük MK sayıları belirlenmesinin birçok nedeni olabilir. Yüksek mineral madde konsantrasyonun maya gelişimini inhibe edebileceği, azalan nişasta miktarı nedeniyle mayaların kullanabileceği şeker miktarının düşüş göstermiş olabileceği, kullanılan sebze karışımının antimikrobiyal etkisi ile maya gelişimini kısmen inhibe edebileceği düşünülmektedir. Ayrıca hamsi unu ile sebze karışımından gelen rekabetçi floranın etkisi ile maya gelişiminin hamsi unu içermeyen örneklerle göre daha düşük olabileceği de düşünülmektedir.

Kısmen pişirme işleminin etkisiyle tüm örneklerde MK sayısı önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). KP örneklerin MK sayıları H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinde 1.26 ± 0.24 log kob/g, H40-G0 örneğinde 1.59 ± 0.11 log kob/g, ve H40-G1.5 örneğinde 1.10 ± 0.17 log kob/g olarak belirlenmiştir. KP örneklerin MK sayıları karşılaştırıldığında H40-G1.5 örneğinin en düşük MK sayısına sahip olduğu ancak H0-G0 ve H0-G1.5 örneklerinin ise istatistiksel olarak H40-G1.5 örneğinden farklı olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Kısmen pişirme işleminden sonra hamsi unu içermeyen örneklerin MK sayılarının hamsi unu içeren örneklerden farklı olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

KPD örneklerin MK sayıları KP örneklerle karşılaştırıldığında H0-G0 hariç diğer örneklerde MK sayısının istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı ($p<0.05$), hatta H40-G1.5 örneğinde ise MK belirlenemediği görülmüştür. Vakum ambalajlama ve dondurma işleminin maya ve küfler üzerinde yarattığı soğuk stresi nedeniyle genel olarak örneklerdeki MK sayısının azaldığı düşünülmektedir. Soğuk şokunun mikroorganizma sayısında düşüşe sebep olduğu bildirilmektedir (Ehsani ve Jasour, 2014).

Tam pişirme işlemi sonrasında örneklerin 10^{-1} dilüsyonlarının hiçbirinde MK belirlenememiştir. Uygulanan son ısı işlemi ile örneklerde bulunan maya ve küflerin tamamen inhibe edildiği görülmektedir. TMAB ve TPAB sayıları ile

karşılaştırıldığında, örneklerin hamur halinde benzer seviyelerde bulunan MK sayısının TP işlemi sonunda tamamen inhibe edilebilmesinin maya ve küflerin ısıtma dirençlerinin aerobik bakterilere göre daha düşük olduğunu düşündürmektedir. Hamsili keklerde yapılan bir çalışmada TMAB ve MK sayılarının kek hamurunda sırasıyla 2.30 ve 3.28 log kob/g olduğunu, pişirme sonucunda her ikisinin de 1 log kob/g' a düştüğü belirtilmiştir (Inanlı vd, 2011). Küflerin ısıtma işlemine karşı daha hassas olduğunu bu çalışmanın sonuçları da göstermektedir.

Kısmen pişirilmiş ekmek örneklerinin depolama süresince MK sayılarındaki değişimler Çizelge 4.14' de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Kısmen pişirilmiş ekmek örneklerinin depolama süresince MK sayıları (log kob/g)

Depolama	Örnek			
	H0-G0	H0-G1.5	H40-G0	H40-G1.5
0. Gün	1.15±0.82	< 1.00	1.46±0.33	1.10±0.17
30. Gün	< 1.00	< 1.00	1.30±0.25	< 1.00
60. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
90. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
120. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
150. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
180. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00

± ortalamanın standart sapmasıdır.

H0-G0 örneklerinin MK sayısı başlangıç sayısına göre 30. günde azalmıştır ve 1 log kob/g' ı altına gerilemiştir. Sonrasında ise depolamanın sonuna kadar benzer seviyede olmuştur. H40-G0 örneklerinde de H0-G0 örneklerine benzer şekilde 30. günde MK sayısı azalmış ve 60. günden itibaren depolamanın sonuna kadar 1 log kob/g' ın altında belirlenmiştir. H0-G1.5 örneğinde 0. günden depolamanın sonuna kadar MK sayısı 1 log kob/g' ın altında belirlenmiştir. H40-G.15 örneklerinde ise 30. günde MK sayısı azalarak 1 log kob/g' ın altında bulunmuştur ve H0-G0 örneğinde olduğu gibi depolamanın sonuna kadar 1 log kob/g' ın altında belirlenmiştir. Söz konusu sonuçlar hamsi unu ve sebze karışımı ile ksantan gam kullanımının depolama sırasında örneklerin MK sayıları üzerine önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

MK analizinin depolama aşamasında elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; hamsi unu içeren ve içermeyen örnekler arasında önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$), ksantan gam içeren örneklerde ise 60. günden sonra maya ve küf bulunmadığı görülmektedir. Ancak ksantan gam içermeyen örneklerde de belirlenen MK sayısı oldukça düşük olduğu için gam içeren örnekler ile aralarında istatistiksel bir fark belirlenememiştir ($p>0.05$).

Fırın ürünleri genellikle orta-yüksek su aktiviteleri nedeniyle maya ve küf gelişimine son derece duyarlı ürünlerdir. Bu riskten korunmak için ekmek gibi ürünler genellikle taze olarak üretilip tüketilmekte, uzun süre tüketilen ambalajlı ekmeklerde ise bu riskin önüne sorbik, benzoik, propiyonik asit tuzları gibi kimyasal koruyucuların ilavesi ile geçilmeye çalışılmaktadır. Aynı zamanda modifiye atmosfer paketlenme ve soğukta muhafaza gibi yöntemler de kullanılmaktadır. Kısmen pişirme tekniği uygulanan ekmeklerde de ürünlerin muhafaza koşulları oldukça büyük önem arz etmektedir. Oda koşullarında veya buzdolabı koşullarında muhafaza edildiklerinde yüksek su aktiviteleri nedeniyle maya ve küf bozulmasına oldukça açık olmaktadır. Bu durumun önlenmesi için yine koruyucular ve çeşitli ambalajlama yöntemleri kullanılabilir. Ekmek örneklerinde uygulanan vakum ambalajlama ve dondurarak muhafaza ile bu riskler en düşük düzeye indirilmiştir. Depolama döneminde örneklerin MK sayılarından da bu sonuç görülebilmektedir.

4.2.6.4. *Staphylococcus aureus* sonuçları

S. aureus düşük su aktivitesi ve pH' da canlı kalabilen bir mikroorganizmadır. Gıdalarda tespit edilmesi kötü hijyen koşullarından ve çapraz bulaşmalardan kaynaklı olmaktadır (Boziaris vd, 2013). Ekmek hamuru ve ekmek örnekleri içerdiği mısır unu, sebzeler, hamsi unu, su gibi çok çeşitli bileşenler ve üretim aşamalarında çevreden ve kişilerden gelebilecek kontaminasyon nedeniyle *S. aureus* riski açısından değerlendirilmesi gereken bir üründür. *S. aureus* uygun koşul bulduğunda hem hızla çoğalır, hem de suşa bağlı olarak çeşitli toksinler oluşturarak intoksikasyonlara sebep olabilmektedir. İntoksikasyona yol açacak toksinleri üretebilmesi için *S. aureus* sayısının 6 log kob/g düzeyine ulaşması gerekmektedir.

Yapılan bir çalışmada, Türkiye' de balıkçılardan temin edilen 30' u hamsi olmak üzere 100 farklı balık örneğinin 9 tanesinde *S. aureus* ' a rastlanmıştır ve deniz

ürünlerinin muhafazasında ve işlenmesinde daha dikkatli olunması gerektiği bildirilmiştir (Onmaz vd, 2015).

Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında *S. aureus* sayılarındaki değişim Çizelge 4.15’ de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında *S. aureus* sayıları (log kob/g)

Örnek	Hamur	Kısmen Pişmiş	Kısmen Pişmiş- Dondurulmuş	Tam Pişmiş
H0-G0	1.77±0.06 c, A	< 1.00 B	< 1.00	< 1.00
H0-G1.5	1.89±0.09 bc, A	1.10±0.56 B	< 1.00	< 1.00
H40-G0	2.07±0.09 b, A	< 1.00 B	< 1.00	< 1.00
H40-G1.5	2.34±0.12 a, A	1.49±0.16 B	1.26±0.20	< 1.00

Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar ile aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$), $\pm$ ortalamanın standart sapmasıdır.

Ekmek hamurlarında *S. aureus* sayısı H0-G0 örneğinde 1.77±0.06 log kob/g, H0-G1.5 örneğinde 1.89±0.09 log kob/g, H40-G0 örneğinde 2.07±0.09 log kob/g ve H40-G1.5 örneğinde 2.34±0.12 log kob/g olarak belirlenmiştir. Ekmek hamurlarındaki *S. aureus* sayısının düşük olması hem hammaddelerin uygun şekillerde işlendiği hem de ekmek üretiminin uygun koşullarda yapıldığını göstermektedir. Ekmek hamurlarının *S. aureus* sayıları arasında istatistiksel olarak önemli farklar belirlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek sayı H40-G1.5 örneğinde tespit edilmiştir ($p<0.05$). En düşük *S. aureus* sayısı ise H0-G0 örneğinde belirlenmiştir ancak H0-G1.5 örneği ile de aralarında önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

KP örneklerin *S. aureus* sayıları hamurdaki sayılar ile karşılaştırıldığında tüm örneklerde ısıl işlemin etkisi ile önemli ölçüde düşüş göstermiştir. H0-G0 ve H40-G0 örneklerinde 1 log kob/g’ ın altında, H0-G1.5 örneğinde 1.10±0.56 log kob/g, H40-G1.5 örneğinde ise 1.49±0.16 log kob/g olmuştur.

KPD örneklerden H40-G.15 örneğinin *S. aureus* sayısı ise KP örneğindeki sayıya göre kısmen düşüş göstermiştir. H0-G1.5 örneğinde ise 1 log kob/g’ ın altına düşmüştür. Vakum altında bir gün dondurma işleminin örneklerin *S. aureus* sayısına önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. TP örneklerde ise uygulanan ikinci ısıl

işlemin etkisiyle tüm örneklerde *S. aureus* tespit edilememiş ve 1 log kob/g' in altında şeklinde ifade edilmiştir.

Kilinc (2009) çiğ hamsi köftelerinde yaptığı bir çalışmada buzdolabı koşullarında 5 gün depoladığı ürünlerin *S. aureus* sayısını 2 log kob/g' dan az olarak belirlemiş ve *S. aureus* bulunmadığı şeklinde yorumlamıştır. Mahmoudzadeh vd (2010) 2 farklı balık kıymasından (*Pseudorhombus elevatus*; *Saurida undosquamis*) yaptıkları çiğ balık burgerlerin *S. aureus* yükünü başlangıçta sırasıyla 2.40 ve 3 log kob/g olarak belirlemişler ve -18 °C' de 5 aylık depolamada sürekli azalarak her iki örnekte de *S. aureus* sayısının 1 log kob/g' dan az olduğunu bildirmişlerdir.

Kısmen pişirilmiş ekmek örneklerinin depolama süresince *S. aureus* sayılarındaki değişim Çizelge 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Kısmen pişirilmiş ekmeklerin depolama süresince *S. aureus* sayıları (log kob/g)

Depolama	Örnek			
	H0-G0	H0-G1.5	H40-G0	H40-G1.5
0. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	1.26±0.20
30. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	1.10±0.14
60. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
90. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
120. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
150. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
180. Gün	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00

± ortalamanın standart sapmasıdır.

Örneklerin 0. gün *S. aureus* sayıları H40-G1.5 örneği hariç 1 log kob/g' dan daha az olarak belirlenmiştir. Depolama döneminin sonu olan 180. güne kadar H0-G0, H0-G.15 ve H40-G0 örneklerinde *S. aureus* sayısı 1 log kob/g' dan düşük şekilde belirlenmiştir. H40-G1.5 örneğinde ise 30. günde *S. aureus* sayısında düşüş gözlenmiş, 60. günden itibaren depolamanın sonuna kadar ise 1 log kob/g' in altında olarak belirlenmiştir. 90. günden itibaren tüm örneklerde *S. aureus*' a rastlanmamıştır ve 1 log kob/g' dan az şeklinde ifade edilmiştir. Örneklerdeki *S. aureus* sayısının ne kadar düşük olduğu logaritmik koloni sayılarından da görülebilmektedir.

Hamsi çorbasında yapılan bir çalışmada, pişmiş çorbaların buzdolabı koşullarında 6 gün muhafaza edilmesinde *S. aureus* sayısının 2 log kob/ml' den az bulunduğu bildirilmiştir (Kilinc, 2010). Uygun koşullarda yapılan üretim ve depolamanın etkisiyle hem hamsi hem de çeşitli bileşenler içeren, su aktivitesi çok yüksek bir gıda maddesinin bile *S. aureus* intoksikasyonu riski açısından güvenli olduğu görülmektedir. Benzer durum uygun koşullarda üretilip depolanan ekmek örnekleri için de geçerlidir.

4.2.6.5. *Enterobacteriaceae* spp. sonuçları

Enterobacteriaceae familyası üyeleri gıda mikrobiyolojisini en fazla ilgilendiren bakterilerdir. Bu grupta koliform bakteriler, fekal koliformlar, *E. coli* (tip 1), *E. coli* O157:H7 serotipi, *Salmonella*, *Shigella* ve *Yersinia enterocolitica* gibi önemli mikroorganizmalar bulunmaktadır. Toplam *Enterobacteriaceae* sayımı da hijyen indeksi olarak önem arz etmektedir (Anonim, 2017j).

Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında *Enterobacteriaceae* spp. sayılarındaki değişim Çizelge 4.17' de verilmiştir. Ekmek örneklerinin hamurlarındaki *Enterobacteriaceae* spp. sayıları H0-G0 örneğinde 3.71 ± 0.02 log kob/g, H0-G1.5 örneğinde 3.73 ± 0.04 log kob/g, H40-G0 örneğinde 3.78 ± 0.04 log kob/g ve H40-G1.5 örneğinde 3.47 ± 0.33 log kob/g olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında *Enterobacteriaceae* spp. sayıları (log kob/g)

Örnek	Hamur	Kısmen Pişmiş	Kısmen Pişmiş- Dondurulmuş	Tam Pişmiş
H0-G0	3.71 ± 0.02 a	< 1.00 b	< 1.00	< 1.00
H0-G1.5	3.73 ± 0.04 a	< 1.00 b	< 1.00	< 1.00
H40-G0	3.78 ± 0.04 a	< 1.00 b	< 1.00	< 1.00
H40-G1.5	3.47 ± 0.33 a	< 1.00 b	< 1.00	< 1.00

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p<0.05),± ortalamanın standart sapmasıdır.

Örnek hamurları arasında *Enterobacteriaceae* spp. sayıları açısından istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Ekmek üretiminin ikinci aşaması

olan kısmen pişirme işleminde uygulanan ısıl işlemin etkisiyle hiçbir örnekte *Enterobacteriaceae* spp.' a rastlanılmamıştır. Üretimin ileri aşamaları olan KPD ve TP örneklerde de bu durum devam etmiştir. Kısmen pişirme işlemindeki ısıl işlem, *Enterobacteriaceae* spp.' ların inhibe edilmesi için yeterli olmuştur.

Sallam (2008), sanma balığının başlangıç *Enterobacteriaceae* spp. sayısının 2.23 log kob/g olduğunu, % 12 tuz ile muamele edildikten sonra bu değerin 1.72 log kob/g' a gerilediğini ve 4 °C' de 90 gün depolanmanın ardından *Enterobacteriaceae* spp. sayısının 1.05 log kob/g' a kadar düştüğünü bildirmiştir.

Örneklerin *Enterobacteriaceae* spp. sayıları depolamanın başlangıcından bitiş olan 180. Güne kadar analiz edilmiş ancak depolama süresince *Enterobacteriaceae* spp. gelişimi gözlenmemiştir. Uygulanan ısıl işlem ve kontaminasyonu önleyecek şekilde yapılan depolama sayesinde örneklerin *Enterobacteriaceae* spp. mikroorganizmaları açısından oldukça güvenli olduğu görülmüştür.

4.2.6.6. Koliform bakteri sonuçları

Koliform grubu bakteriler gram negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen, laktozdan 48 saat içinde gaz oluşturan bakteriler olarak tanımlanmaktadır. Gıdalarda hijyen indikatörü olarak değerlendirilir. Bu nedenle gıdalarda koliform grup bakteri sayısının yüksek olması istenmeyen bir durumdur (Aydemir, 2010).

Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında koliform bakteri sayılarındaki değişim Çizelge 4.18' de verilmiştir. Ekmek örneklerinin hamurlarında koliform bakteri sayıları H0-G0 örneğinde 3.55 ± 0.05 log kob/g, H0-G1.5 örneğinde 3.54 ± 0.06 log kob/g, H40-G0 örneğinde 3.68 ± 0.06 log kob/g ve H40-G1.5 örneğinde 3.43 ± 0.32 log kob/g olarak belirlenmiştir. Örnek hamurlarının koliform bakteri sayıları arasında önemli bir fark belirlenmemiştir ($p > 0.05$).

Marinasyon için kullanılan dondurulmuş hamsilerde koliform bakteri sayısının 1.84 log kob/g olarak belirlendiği, zeytin yağı, acı biber sosu ve sarımsak ile marinasyon işlemlerinden sonra ise örneklerde koliform bakteriye rastlanmadığı bildirilmiştir (Sen ve Temelli, 2003). Aralarında tuzlanmış, marinatlanmış, dumanlanmış, pişirilmiş ve pişirilip dumanlanmış veya marinatlanmış balık ürünlerinin bulunduğu 17 farklı örnekte yapılan bir çalışmada, koliform bakteri sayısı tespit edilebilir sınırın altında kalmıştır (Boziaris vd, 2013). -18 °C' de 3 ay

depolanan levrek ve kömür balığı filetolarında koliform bakteri sayısı sırasıyla 3.71 ve 3.95 log kob/g olarak belirlenmiştir (Kilinc vd, 2009).

Çizelge 4.18. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarında koliform bakteri sayıları (log kob/g)

Örnek	Hamur	Kısmen Pişmiş	Kısmen Pişmiş-Dondurulmuş	Tam Pişmiş
H0-G0	3.55±0.05	< 1.00	< 1.00	< 1.00
H0-G1.5	3.54±0.06	< 1.00	< 1.00	< 1.00
H40-G0	3.68±0.06	< 1.00	< 1.00	< 1.00
H40-G1.5	3.43±0.32	< 1.00	< 1.00	< 1.00

± ortalamanın standart sapmasıdır.

KP örneklerin koliform bakteri sayıları uygulanan ısıtıl işlemin etkisiyle hamur hallerine göre önemli derecede azalmış ve 1 log kob/g' ın altında belirlenmiştir. Genel bir kabul olarak toplam koliform sayısı 2 log kob/g' dan az olduğunda tatmin edici olarak kabul edilmektedir (Hong vd, 2015). Vakum paketlenip dondurularak 1 gün depolanan örneklerde de koliform sayısı 1 log kob/g' dan düşük belirlenmiştir. TP örneklerde ise koliform bakteri uygulanan ikinci ısıtıl işlemin etkisiyle hiçbir örnekte belirlenememiş ve 1 log kob/g' dan az olarak ifade edilmiştir. 180 günlük depolama süresinde ise tüm örneklerde koliform bakteri sayıları 1 log kob/g' dan düşük belirlenmiştir.

Kilinc (2010) hamsi çorbasının hazırlanması öncesinde hamside 1.87 log kob/g olarak belirlediği koliform bakteri sayısının çorbanın pişirilip buzdolabında 6 günlük depolanması süresince rastlanmadığını bildirmiştir. Uygun ve yeterli ısıtıl işlem ile uygun koşullarda depolamanın koliform bakteri sayısının artmasının önlenmesinde önemli olduğu görülmektedir.

Depolama dönemlerindeki koliform bakteri sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, hamsi unu kullanımının koliform bakteri sayısı üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Ksantan gam kullanımının da örneklerin koliform bakteri sayısı üzerine önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir.

4.2.6.7. *Escherichia coli* sonuçları

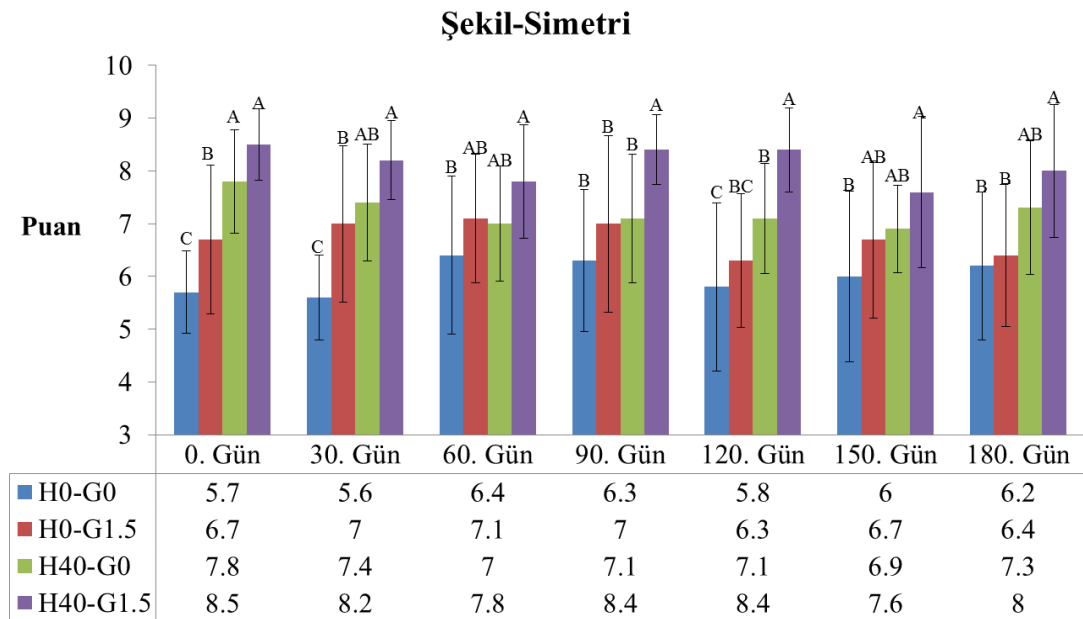
E. coli, en tipik gram negatif bakteridir. Sıcakkanlı hayvanların bağırsak sistemlerinde bulunur. Herhangi bir örnekte *E. coli*' ye rastlanması o örneğe doğrudan ya da dolaylı olarak dışkı bulaştığının göstergesidir (Aydemir, 2010).

Kısmen pişirilip vakum altında -20 °C' de depolamaya bırakılan örneklerde depolama dönemleri boyunca *E. coli* aranmıştır. Hiçbir örnekte *E. coli*' ye rastlanmamıştır. Ürünlerin *E. coli* riski açısından güvenli bir şekilde üretilip muhafaza edildiği sonucuna varılmıştır.

4.2.7. Depolanan örneklerde duyu analizi sonuçları

Raf ömrü analizi için kısmen pişirilip depolanan ekmekler, 30 günlük periyotlarda, daha önce belirlenen tam pişirme süresi kadar pişirilerek duyu analize alınmıştır. Panelistler tarafından ekmek örneklerinin; şekil-simetri, kabuk rengi, iç rengi, koku, tekstür, tat ve genel kabul edilebilirlik (GKE) özellikleri değerlendirilmiştir.

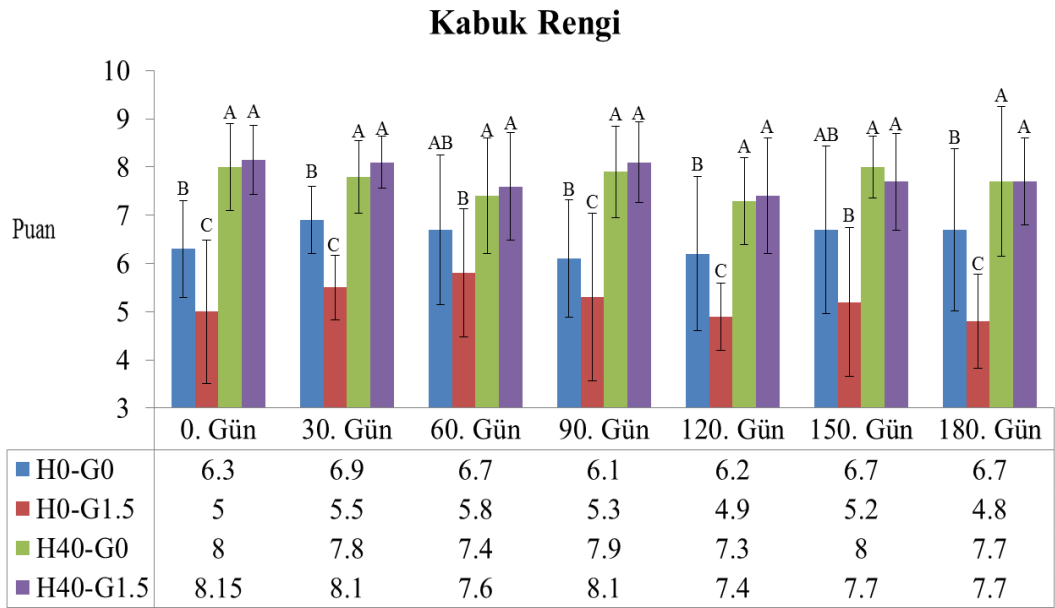
Ekmek örneklerinin depolama süresi boyunca şekil-simetri özelliklerine ait puanlama Şekil 4.21' de verilmiştir.



Şekil 4.21. Ekmek örneklerinin depolama süresince şekil-simetri puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Tüm depolama dönemlerinde ekmek örneklerinin şekil-simetri puanları arasında istatistiksel farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Ekmek örneklerinin şekil-simetri puanlarının depolama dönemine göre değişimi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Ekmek örneklerinin depolama süresi boyunca panelistler tarafından verilen ekmek kabuk rengi puanları Şekil 4.22’ de verilmiştir. Tüm depolama dönemlerinde ekmek örneklerinin kabuk rengi puanları arasında istatistiksel farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmek örneklerinin kabuk rengi puanlarının depolama dönemine göre değişimi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

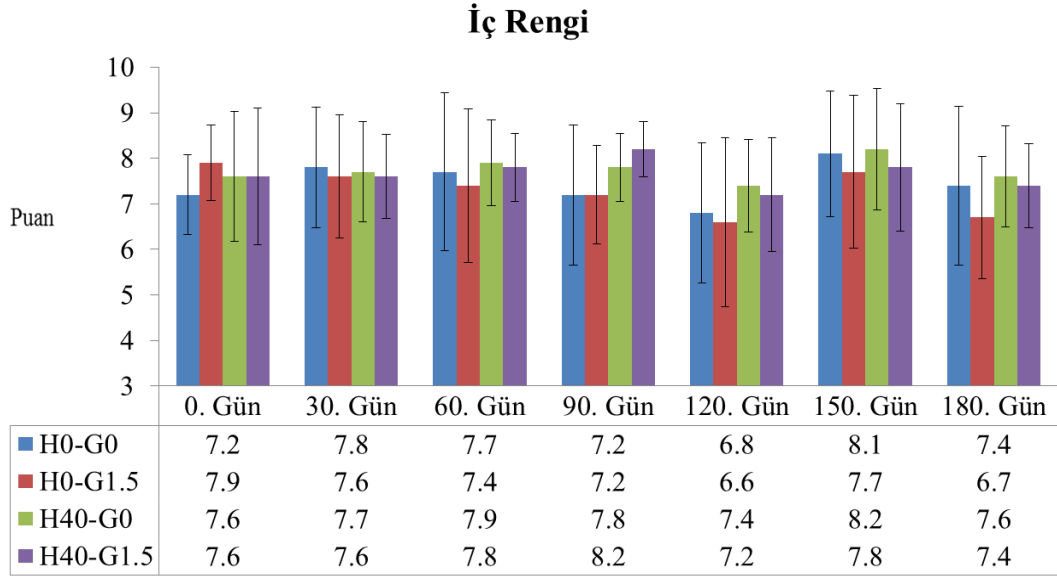


Şekil 4.22. Ekmek örneklerinin depolama süresince boyunca kabuk rengi puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Ekmek kabuk rengi puanı açısından tüm depolama dönemlerinde H40-G0 ve H40-G1.5 örnekleri en yüksek puanları almıştır. Ancak 60. ve 150. günlerde H0-G0 örneğinin kabuk rengi puanı ile aralarında istatistiksel bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Tüm depolama dönemlerinde en düşük kabuk rengi puanını H0-G1.5 örneği almıştır. Yine 60. ve 150. günlerde H0-G0 ile aralarında istatistiksel bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere; depolama boyunca hamisi unu içeren örneklerin kabuk renkleri panelistler tarafından daha fazla beğenilmiştir. H0-G1.5 örneğinde ise daha önce renk analizi sonuçlarında da değinildiği üzere, ksantan gam kullanımı ürünün yüzey rengini beyazlatıcı etkisi nedeniyle pişmemiş

ürün rengi gibi algılanmasına sebep olmaktadır ve depolama dönemleri boyunca panelistler tarafından olumsuz olarak değerlendirilmesine yol açtığı düşünülmektedir.

Ekmek örneklerinin depolama süresi boyunca panelistler tarafından verilen ekmek iç rengi puanları Şekil 4.23’ de verilmiştir.



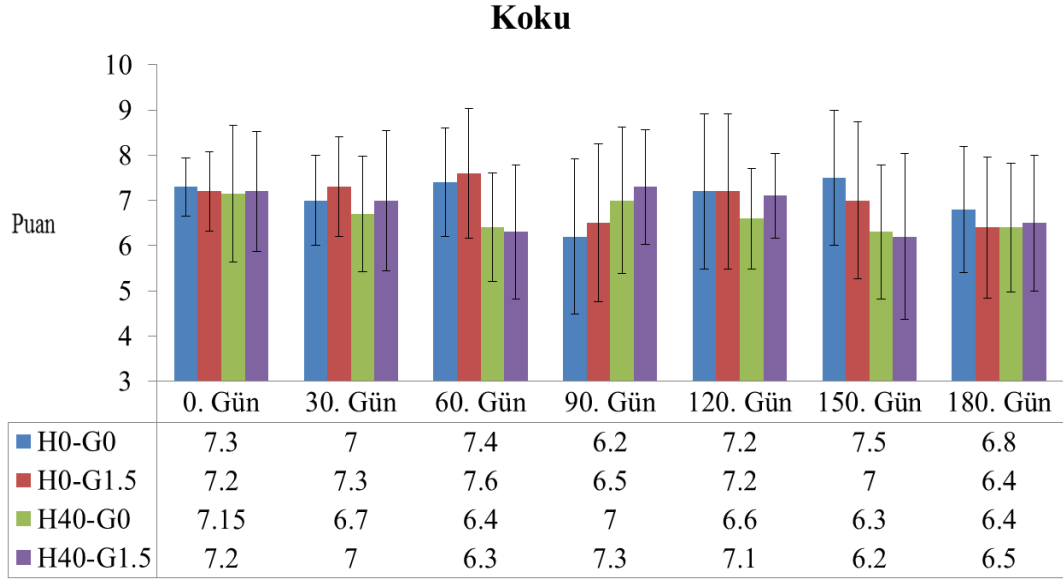
Şekil 4.23. Ekmek örneklerinin depolama süresince iç rengi puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir.

Tüm depolama dönemlerinde ekmek örneklerinin iç rengi puanları arasında istatistiksel fark kaydedilmemiştir ($p>0.05$). Ekmek örneklerinin iç rengi puanlarının depolama dönemine göre değişimi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuçlara göre ksantan gam kullanımının, hamsi unu ve sebze karışımı kullanımının ve vakum ambalajda $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de depolamanın örneklerin iç rengi üzerine önemli bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Ekmek örneklerinin depolama süresi boyunca panelistler tarafından verilen koku puanları Şekil 4.24’ de verilmiştir. Tüm depolama dönemlerinde ekmek örneklerinin koku puanları arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Ekmek örneklerinin koku puanlarının depolama dönemine göre değişimi de istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$).

180 günlük depolamanın sonunda örneklerin koku puanları bir miktar düşüş göstermiş, ancak bu düşüş istatistiksel açıdan anlamlı boyutta olmamıştır ($p>0.05$).

Hamsi unu içeren ve içermeyen örneklerin koku puanları arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır.

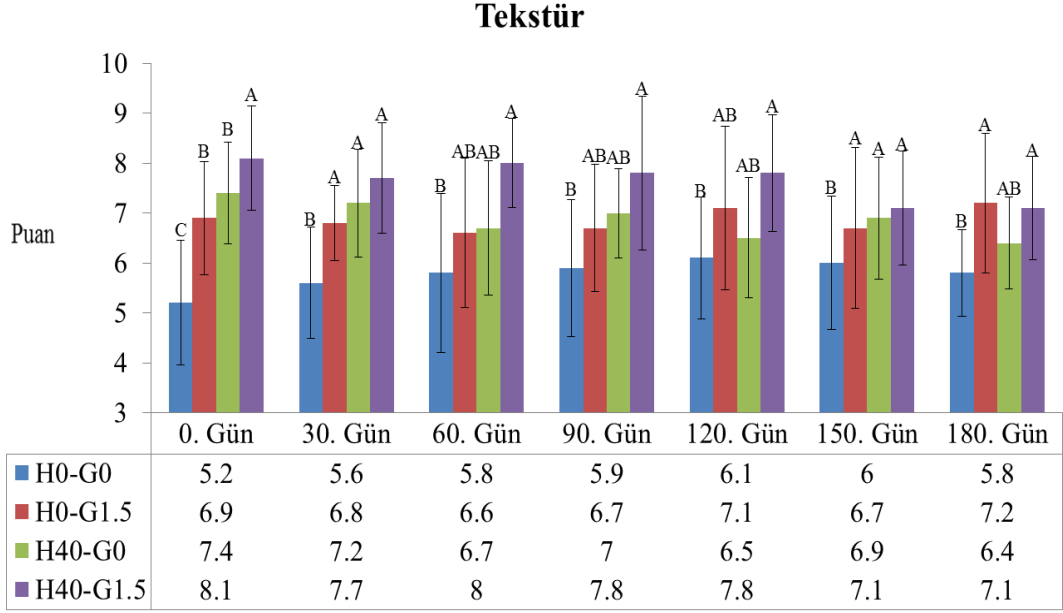


Şekil 4.24. Ekmek örneklerinin depolama süresince koku puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir.

Ekmek örneklerinin depolama süresi boyunca panelistler tarafından verilen ekmek tekstür puanları Şekil 4.25’ de verilmiştir. Tüm depolama dönemlerinde ekmek örneklerinin tekstür puanları arasında istatistiksel farklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ekmek örneklerinin tekstür puanlarının depolama dönemine göre değişimi ise istatistiksel olarak önemli belirlenmemiştir ($p > 0.05$).

180. gün hariç diğer tüm depolama dönemlerinde en yüksek tekstür puanını H40-G1.5 örneği almış, ancak istatistiksel olarak sadece 0. günde diğer örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Diğer tüm dönemlerde H0-G1.5 ve H40-G0 örnekleri ile tekstür puanı benzer bulunmuştur ($p > 0.05$).

H0-G0 örneği genel olarak tüm depolama dönemlerinde diğer örneklerden daha düşük tekstür puanı almıştır. Ksantan gam içermemesi H0-G0 örneğinin daha sert, yoğun ve dağılan bir yapıya sahip olmasına neden olmuş, bu durum tekstür puanına da yansımıştır.



Şekil 4.25. Ekmek örneklerinin depolama süresince tekstür puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

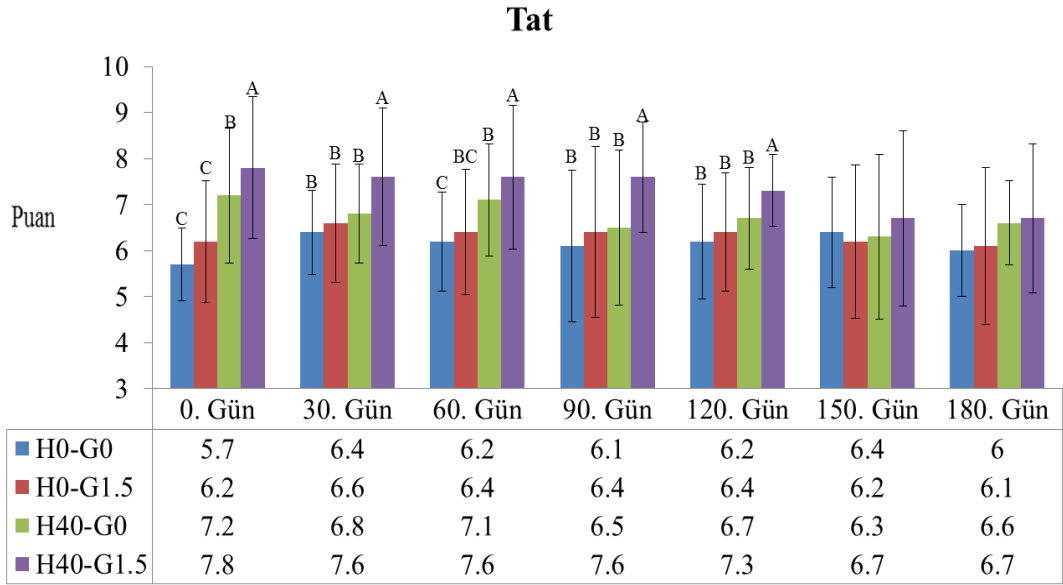
Depolama boyunca tüm örneklerin tekstür puanları arasında önemli değişiklik olmamıştır ($p > 0.05$). Bu durum geliştirilen ürünün depolama süresi sonunda halen başlangıçtaki tekstürel özellikleri muhafaza ettiğinin göstergesidir.

Ekmek örneklerinin depolama süresi boyunca almış oldukları tat puanları Şekil 4.26’ da verilmiştir. 150. ve 180. günler hariç, diğer depolama dönemlerinde ekmek örneklerinin tat puanları arasında istatistiksel farklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ekmek örneklerinin tat puanlarının depolama dönemine göre değişimi ise istatistiksel olarak önemli değildir ($p > 0.05$).

0. günden 120. güne kadar depolama süresince istatistiksel olarak en yüksek tat puanını H40-G1.5 örneği almıştır ($p < 0.05$). Ancak depolama dönemleri boyunca H40-G1.5 örneğinin aldığı ortalama tat puanı düşüş göstermiş, 150 ve 180. günlerde ise diğer örnekler ile benzer puanı almıştır ($p > 0.05$).

0. günde en düşük tat puanına H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri sahip olmuştur. 30, 90 ve 120. günlerde H40-G1.5 örneği dışındaki örneklerin tat puanları birbirlerine benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). Depolama dönemleri ilerledikçe örneklerin aldığı tat puanları arasında fark azalmıştır. 120. günden sonra hamsi unu içeren örneklerin tat

puanlarında düşüş görülmesine depolama süresince ürünlerde peroksit ve TBARS değerlerinin artmasının sebep olduğu düşünülmektedir.

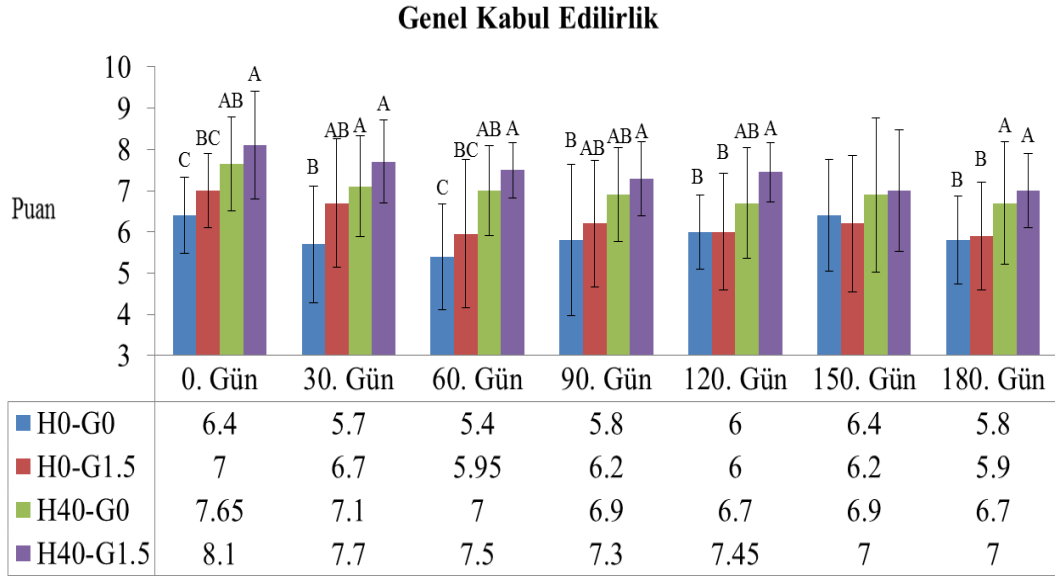


Şekil 4.26. Ekmek örneklerinin depolama süresince tat puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Ekmek örneklerinin depolama süresince panelistler tarafından verilen GKE puanları Şekil 4.27' de verilmiştir. 150. gün hariç, diğer depolama dönemlerinde ekmek örneklerinin GKE puanları arasında istatistiksel farklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ekmek örneklerinin GKE puanlarının depolama dönemine göre istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermediği belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Tüm örneklerin GKE puanlarının depolama dönemi ilerledikçe düşüş gösterdiği görülmektedir, ancak bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$). Tüm depolama dönemlerinde en yüksek ortalama GKE puanına H40-G1.5 örneği sahip olmuştur. Ancak; 0, 60, 120 ve 180. günlerde H40-G0 örneğiyle, 30 ve 90. günlerde H0-G1.5 ve H40-G0, 150. günde ise tüm örnekler ile benzer GKE puanına sahip olduğu belirlenmiştir ($p > 0.05$). Aynı oranda hamsi unu içeren örneklerden ksantan gam içeren örneklerin ortalama GKE puanları gam içermeyen örneklerden genellikle daha yüksek olmasına rağmen istatistiksel açıdan aralarında bir fark tespit edilememiştir ($p > 0.05$). Hamsi unu ve sebze karışımı içeren ekmeklerin ortalama GKE puanları hamsi unu ve sebze karışımı içermeyen

örneklerden daha yüksek olmasına rağmen bu fark her depolama döneminde istatistiksel açıdan anlamlı değildir ($p>0.05$).



Şekil 4.27. Ekmeklerin depolama süresince genel kabul edilebilirlik puanları. Barlar üzerindeki çubuklar standart sapmayı göstermektedir. Barlar üzerindeki büyük harfler aynı depolama döneminde örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Depolama boyunca elde edilen duyu analizi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; örneklerin aynı depolama döneminde duyu analiz parametre sonuçları arasında genel olarak istatistiksel farklar tespit edilmiştir. Depolama süresine bağlı olarak örneklerin şekil-simetri, kabuk rengi, iç rengi sonuçları hariç diğer tüm parametrelerde bir miktar düşüş görülmekle beraber, meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli düzeyde gerçekleşmemiştir ($p>0.05$). Bu durum da 180 gün depolama sonucunda tüm örneklerin duyu olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunu göstermektedir.

Çizelge EK 6.1’ de değerlendirme aralığı verilen puanlamalara göre; başlangıç değerlendirmesinde H0-G0 örneğinin 6.4 puan ile “orta”, H0-1.5, H40-G0 ve H40-G1.5 örneklerinin ise sırasıyla 7, 7.65, 8.1 puanlar ile “iyi” olarak puanlandığı görülmektedir. Bu örneklerden H0-G1.5 ve H40-G0 örneklerinin 180 gün sonunda “iyi” puan aralığından “orta” puan aralığına düştüğü belirlenmiştir. H0-G0 ve H40-G1.5 örnekleri ise başlangıç değerlendirmelerine göre düşüş gösterse de aynı aralıkta puanlanmıştır.

Duyusal analiz sonuçlarının literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılması benzer ürünler ile olmadıkça çok anlamlı değildir. Duyusal analizi yapılacak ürünlerin çok farklı fiziksel, kimyasal ve besinsel özelliklere, üretim yöntemlerine ve depolama şartlarına sahip olabilmesi karşılaştırma yapılmasını güçleştirmektedir.

Vulicevic vd (2004) kısmen pişirilmiş beyaz ekmek, çok tahıllı ekmek ve çavdar ekmeği örneklerinin -18 °C’ de 4 hafta depolanması ile tüm örneklerin duyusal analiz sonuçlarının kabul edilir olduğunu bildirmişlerdir. Barcenas ve Rosell (2006a) 4 °C’ de 10 gün ve -25 °C’ de 42 gün depoladıkları kısmen pişirilmiş ekmek örneklerinin duyusal özelliklerini karşılaştırmışlardır. Görünüş ve aroma puanlamasının istatistiksel olarak benzer ($p>0.05$) olduğunu bildirmişler, tat ve tekstür puanlarının ise çok daha uzun süre depolanmalarına rağmen dondurularak depolanan örneklerde istatistiksel açıdan daha yüksek olduğu bildirilmiştir ($p<0.05$).

Hamsili mısır ekmeği; yüksek doymamış yağ ve zengin besinsel içeriği nedeniyle kimyasal ve mikrobiyolojik bozulma riskine oldukça açıktır. Kısmen pişirme yöntemi ve vakum ambalajda dondurarak depolamanın etkileriyle raf ömrü çalışmalarında 180 gün sonunda hamsili mısır ekmeğinin kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal kalite kriterlerinin kabul edilir sınırlar içerisinde kaldığı belirlenmiştir.

4.3. HME’ nin Günlük Besinsel İhtiyacı Karşılama Oranı

Ürün standardizasyonu sonucu TOPSIS analizinden en yüksek puanı alan H40-G1.5 örneğinin 100 g tüketilmesi ile günlük enerji gereksinimi ve çeşitli besinsel bileşenlere olan ihtiyacın ne oranda karşılanabildiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar geliştirilen ürünün besleyici özelliklerini ortaya koymak adına oldukça önemlidir. FDA ve IOM, FNB (Anonymous, 2017c, 2017d)’ nin referans değerleri dikkate alınarak çeşitli bileşenlere ait yetişkin bir bireyin yaklaşık olarak günlük ihtiyacını karşılayacak miktar (GİKM) ve 100 g H40-G.15 ekmeğinin günlük ihtiyacı karşılama oranı (GİKO) Çizelge 4.19’ da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19’ da görüldüğü üzere, 100 g H40-G1.5 ekmeği tüketildiğinde, yetişkin bir bireyin enerji ihtiyacının yaklaşık % 13’ ü, protein ihtiyacının yaklaşık % 22’ si, yağ ihtiyacının % 14’ ü karşılanabilmektedir. Dikkat çekici olarak, hamsi unu ilavesinin katkılarıyla, bir porsiyon H40-G1.5 ekmeği tüketildiğinde; omega-3 yağ

asidi ihtiyacı yaklaşık olarak % 170 oranında, beslenme açısından önemli minerallerden kalsiyum % 15, fosfor % 21, mangan % 18 ve selenyum ise % 33 oranında karşılanabilmektedir. Özellikle çölyak hastalarının da tüketebileceği özelliklerde olan bir fırın ürününün sadece 100 g tüketilmesi ile sağlanan fayda dikkat çekicidir.

Çizelge 4.19. 100 g H40-G.15 ekmeğinin günlük besin ve enerji ihtiyaçlarını karşılama oranları

	GİKM (FDA; IOM, FNB)	H40-G.15 ekmeğinin içeriği (100 g)	100 g H40-G.15 ekmeğinin GİKO (%)
Karbonhidrat (g)	300	33.69	11.23
Protein (g)	50	10.80	21.60
Yağ (g)	65	9.09	13.98
Doymuş yağ (g)	20	3.67	18.34
Enerji (Kcal)	2000	259.77	12.99
Omega-6 (g)	14	1.66	11.85
Omega-3 (g)	1.40	2.38	169.79
Potasyum (mg)	3500	209.53	5.99
Kalsiyum (mg)	1000	153.13	15.31
Demir (mg)	18	1.69	9.39
Fosfor (mg)	1000	206.27	20.63
Magnezyum (mg)	400	23.60	5.90
Çinko (mg)	15	1.41	9.42
Selenyum (µg)	70	23.03	32.90
Bakır (mg)	2	0.06	3.07
Mangan (mg)	2	0.36	17.92

GİKM: Günlük ihtiyacı karşılayacak miktar; GİKO: Günlük ihtiyacı karşılama oranı; FDA: Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi; IOM, FNB: Amerikan Tıp Enstitüsü, Gıda ve Beslenme Kurulu

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karadeniz Bölgesi'nde hamsi ve mısır unu kullanılarak yapılan yöresel ve geleneksel yiyeceklerden bir tanesi hamsili mısır ekmeğidir. Yöresel olarak hamsikoli adıyla bilinen hamsili mısır ekmeği genellikle hamsi sezonunda yapılan, çeşitli sebzeler de ilave edilerek zenginleştirilen oldukça besleyici ve gluten içermediği için gluten intoleransı veya çölyak hastaları tarafından da tüketilebilecek bir yiyecektir. Genellikle hamsi sezonuna bağlı olarak ve sadece bu bölgede üretildiği için hem sürdürülebilir, standart bir üretime hem de tanınırlığa sahip değildir.

Tez çalışması kapsamında yöresel bir ürün olan hamsili mısır ekmeği hem içerik hem de üretim tekniği açısından standardize edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçlarla, hamsinin kullanım süresini artırmak ve üretim sırasında ürüne homojen olarak dağılımı sağlayabilmek ve ülkemizde avlanan hamsilerin bozularak ekonomik kayba neden olmasını bir ölçüde önleyebilmek için hamsi kılçıklarıyla birlikte fileto olarak kurutulup öğütülerek un haline getirilmiş ve ekmek formülasyonuna dahil edilmiştir.

Karadeniz Bölgesi' nin bir diğer önemli yöresel ürünlerinden olan mısır ekmeği kendine has tadı ve yapısı ile tüm ülkemizde bilinen bir ekmek çeşididir. Mısır gluten içermediği için buğday ekmeği gibi yumuşak hacimli gaz tutabilen bir yapıya sahip olmayıp, çabuk sertleşip dağılan, bayatlayan bir yapıdadır. Aynı olumsuz özellikler hamsili mısır ekmeği için de geçerlidir. Bu olumsuzlukları azaltmak ve tekstürel olarak daha yumuşak, hacimli ve geç bayatlayan bir yapı kazandırmak için ksantan gam kullanılarak ürüne etkisi incelenmiştir.

Deneme deseninde belirlenen çeşitli oranlarda hamsi unu (% 0-10-20-30-40), sebze karışımı (% 0-20) ve ksantan gam (% 0-1.5) kullanılarak üretilen ekmeklerde fiziksel, kimyasal, tekstürel, duyu ve besleyici özellikler araştırılmıştır. Hamsi unu ilavesinin etkisiyle ve un oranına bağlı olarak ekmek örneklerinin tüm özellikleri önemli ölçüde değişiklikler göstermiştir.

Ksantan gam içermeyen ekmek örneklerinin kuru madde içeriği kontrol örneklerine göre % 40 hamsi unu ilavesi ile % 52.3' ten % 62.8' e yükselmiştir. Ksantan gam içeren örneklerde ise % 54.9' dan % 56.6' ya yükselmiştir. Ksantan gam ekmek yapısında daha çok su tutulmasını sağladığı için kurumadde içeriği gam içermeyen örnekler kadar yükselmemiştir.

Hamsi unu içermeyen kontrol örneğine göre % 40 hamsi unu ilavesi ile ksantan gam içermeyen ekmek örneklerinin kül içeriği % 2.45' den % 3.24' e, yağ içeriği % 1.15' den % 9.64' e ve protein içeriği % 4.52' den % 10.91' e yükselmiştir. Ksantan gam içeren örneklerde ise kül içeriği % 2.70' den % 3.41' e, yağ içeriği % 1.13' den % 9.09' a ve protein içeriği % 4.03' den % 10.80' e yükselmiştir.

Ekmek örneklerinin ağırlıklarındaki değişime bakıldığında hamsi unu içeren ekmeklerin ağırlıkları kontrol örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Hamsi ununun içerdiği yüksek kuru madde içeriği son üründe ağırlığın daha yüksek olmasını sağlamıştır. Ksantan gam ilave edilen ekmeklerin ise ağırlıkları genel olarak gam içermeyen örneklerden yüksektir. Gam kullanımı ile hamur yapısında bulunan suyun bağlanarak pişirme sırasında buharlaşmasının kısmen önüne geçildiği düşünülmektedir. Ekmeklerin hacimleri arasında ise önemli bir fark tespit edilmemiştir. Hamsi unu ilavesi ile ekmek ağırlıklarının arttığı ancak hacimlerinde önemli bir değişim olmadığı için spesifik hacim değerlerinin hamsi unu oranı arttıkça düştüğü görülmüştür.

Ekmek örneklerinin kabuk ve iç kısmının renk özelliklerinde formülasyona katılan hamsi unu, sebze karışımı ve gam ilavesinin etkileriyle önemli değişimler belirlenmiştir. Ekmek örneklerine ilave edilen hamsi unu oranı arttıkça ekmek kabuğunun L değeri düşüş, a , b ve ΔE değerleri ise artış göstermiştir. Ksantan gam ilave edilen ekmeklerin renk değerleri gam içermeyen örneklerle göre farklılık göstermiştir. Ekmek kabuğunda gam ilavesi ile renk açılması gözle görünür düzeyde gerçekleşmiştir. Gam içermeyen ekmekler ile kıyaslandığında; L değeri yükselmiş, a , b ve ΔE değerleri ise düşüş göstermiştir. Ekmek iç rengine ise hamsi unu ilavesinin etkisi kabuktaki gibi olmamıştır. Hamsi unu oranı arttıkça L ve b değeri düşmüş, a değeri ise önce düşüş göstermiş, sonra kontrol grubu ile benzer değerlere ulaşmıştır. ΔE değeri ise yükselmiştir. Ksantan gam kullanımının ekmeğin iç rengine etkisi de kabuktaki kadar belirgin olmamıştır.

Ekmek örneklerinin tekstür profili analizinde sertlik, esneklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve şeklini geri kazanma parametreleri incelenmiştir. Hamsi unu ile birlikte katılan sebze karışımı ve ksantan gam ilavesinin tekstürel özellikler üzerine önemli ve olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Ksantan gam içermeyen örneklerde hamsi unu oranı arttıkça örneklerin sertlik değerleri düşüş göstermiştir. Esneklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve ŞGK sonuçları da hamsi unu ve sebze karışımının

ilavesi ile olumlu şekilde değişmiştir. Ksantan gam ilave edilen örneklerde ise sertlik düzeyi gam içermeyen örneklerle göre önemli ölçüde düşüş göstermiştir. Diğer tekstürel parametreleri ise hamsi unu oranı ve sebze karışımı ilavesinden etkilenmeyerek benzer bulunmuştur.

Ekmek örneklerinin duyusal analiz değerlendirmeleri; şekil simetri, kabuk rengi, iç rengi, koku, gözenek, tekstür, çiğneme, tat ve GKE parametreleri dikkate alınarak panelistler tarafından yapılmıştır. Hamsi unu ilavesi ve un oranının artması ile sonuçlarda çeşitli değişimler gözlenirse de genel olarak verilen puanlar kontrol gruplarına göre yüksek olmuştur. Bu sonuç, GKE puanlarına da yansımıştır. Hamsi unu gibi rengi, tadı, kokusu ve aroması baskın olan bir bileşenin panelistler tarafından olumsuz değerlendirilmemiş, aksine genel olarak daha yüksek puanlar alarak beğenilmiştir. Bu sonuç geliştirilen ürünün panelistler tarafından kabul edilir olarak görüldüğünün göstergesidir.

Hammadde ve ekmek örneklerinde yapılan yağ asidi profili analizinde, ekmek örneklerinde mısır ununda olmayan 16 adet yağ asidi tespit edilmiş ve toplamda örneğe bağlı olarak kaprilik asitten (C8:0), DHA' ya (C22:6n3), 32 adet farklı yağ asidi belirlenmiştir. Yağ asidi oranları hamsi unu ilave edilen örneklerde genel olarak farklılıklar göstermektedir. Hamsi unu ilave edilen örneklerde hamsi yağı baskın yağ olduğu için ekmek örneklerinde yağ asidi profili yüzdeleri kontrol grupları hariç çok fazla değişim göstermemiştir. Yaklaşık olarak 8-9 kata varan oranda artan yağ miktarı sayesinde bu yağ asitlerinin alım miktarları önemli bir artış göstermiştir.

Hamsi ÇDYA asitleri ve bu yağ asitlerinin sağlık açısından en önemlileri olan omega-3 yağ asidi içeriği yönünden zengin bir hammaddedir. Omega-3 yağ asitlerinin kalp ve damar hastalıkları başta olmak üzere düşük, erken doğum, bazı cilt hastalıkları, kolon kanseri ve akciğer kanseri gibi bazı kanser türleri ile Alzheimer gibi beyin fonksiyonlarının eskisi gibi yerine getirilemediği hastalıklar üzerine olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Omega-3 yağ asidi hamsi unu içermeyen ekmeklerde hiç belirlenememişken, hamsi unu içeren ekmeklerde un oranına bağlı olarak artış göstermiş, H40-G.15 örneğinde % 26' ya kadar yükselmiştir.

Hammadde ve ekmek örneklerinde 9 tanesi esansiyel olmak üzere 15 adet aminoasitin miktarı belirlenmiştir. Hamsi bilindiği üzere vücudun ihtiyaçı olan esansiyel aminoasitlerin birçoğu açısından zengin bir kaynaktır. Hamsi içeren

ekmeklerdeki esansiyel aminoasit içeriği önemli ölçüde artış göstermiştir. % 40 oranında hamsi unu içeren ekmeklerde esansiyel amino asit miktarı hamsi unu içermeyen örneklerle göre yaklaşık olarak 4 kat artış göstermiştir. Mısır unu ve dolayısıyla mısır ekmeğinin literatürde lizin ve triptofan gibi esansiyel aminoasitler açısından fakir olduğu bildirilmiştir. Bu zenginleştirme ile lizin içeriği 8 kata kadar, triptofan içeriği ise 5 kata kadar artış göstermiştir. Geliştirilen ürün bu şekilde protein miktarı değil aynı zamanda kalitesi açısından da çok iyileşme göstermiştir.

Hammadde ve ekmek örneklerinin mineral madde profilini ortaya koymak için magnezyum (Mg), potasyum (K), kalsiyum (Ca), demir (Fe), fosfor (P), bakır (Cu), çinko (Zn), manganez (Mn) ve selenyum (Se) miktarları incelenmiştir. Mısırın Fe, P ve Ca gibi mineraller açısından zengin olmadığı bilinmektedir. Hamsi ise kalsiyum, fosfor, potasyum ve magnezyum gibi mineraller ile çinko, iyot, demir ve selenyum gibi iz elementler açısından da değerli bir kaynaktır. Ekmek örneklerindeki hamsi unu oranının artmasıyla genel olarak tüm mineral madde miktarlarında artış görülmüştür. Ksantan gamın Ca ve Fe içeriği dikkat çekici şekilde tüm hammaddelerden yüksek bulunmuştur. Özellikle yüksek Ca içeriği sayesinde, ksantan gam kullanılan kontrol ekmeğinin kalsiyum içeriği gam içermeyen kontrol örneğine göre önemli oranda zenginleşmiştir. Se hammaddeler arasında sadece hamside tespit edilmiştir. Bu nedenle ekmekler arasında da hamsi unu ilave edilenlerde belirlenmiş ve hamsi oranı arttıkça miktarı artış göstermiştir.

Tez çalışmasının birinci kısmında üretilen hamsili mısır ekmeklerinin besleyicilik, fiziksel, tekstürel ve duyuşsal analizler sonucunda hangisinin daha iyi olduğuna karar verebilmek için çoklu karar verme yöntemlerinden bir tanesi olan TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde ideal çözüme en yakın sonucu veren örneği belirlemek için çeşitli analiz sonuçları değerlendirmeye alınarak her birine belirli bir ağırlık verilmiştir. TOPSIS değerlendirmesi sonucunda en yüksek puanı H40-G1.5 örneği almıştır. TOPSIS yöntemi ile belirlenen bu örneğin çeşitli üretim ve depolama yöntemleriyle raf ömrünün belirlenmesi tez çalışmasının ikinci aşamasını oluşturmuştur. Bu amaçla karşılaştırma yapabilmek ve bileşenlerin etkisini daha iyi gözlemleyebilmek için H40-G1.5 örneğinin beraberinde hamsi unu ve sebze karışımı içermeyen H0-G0 ve H0-G1.5 örnekleri ile seçilen formülasyonla aynı oranda hamsi unu ve sebze karışımı içeren ancak ksantan gam içermeyen H40-G0 örneği de depolama çalışmasına dahil edilmiştir.

Raf ömrü çalışması için belirlenen ekmek örnekleri kısmen pişirme tekniği ile üretilip vakum ambalajlandıktan sonra -20 °C’ de 180 gün süre ile depolanması sırasında çeşitli kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerindeki değışimler incelenmiştir. Kısmen pişirme tekniği genellikle taze ve sıcak olarak tüketilmesi tercih edilen, çabuk bayatlayan veya bozulan gıdalarda tercih edilen bir üretim yöntemidir. Bu teknik sayesinde özel beslenme amacıyla geliştirilen, içindeki bileşenler nedeniyle oldukça besleyici olan ancak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak çabuk bozulma riskine sahip olan hamsili mısır ekmeklerinde tercih edilmiştir. Böylece her mevsim ve koşulda taze ve güvenli olarak tüketilebilmesinin sağlanması amaçlanmıştır.

Raf ömrü çalışmalarında ekmek örneklerinin pH değerlerinde depolama dönemi boyunca kısmen bir düşüş görülmüş, ancak ürünlerin tüketilebilirlik düzeyine etki edecek bir derecede olmamıştır. Ekmek örneklerinin kimyasal bozulma düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan TBARS, TVB-N, peroksit analizlerinin sonuçları ise hamsi unu içeren örneklerde hem aynı depolama dönemleri içerisinde, hem de depolama süresi boyunca hamsi unu içermeyen örneklerden yüksek olmuştur. TBARS, TVB-N, peroksit ve SYA değerlerinde depolama ile artış görülmüştür. Ancak peroksit değeri hariç diğer analizlerde depolama süresi boyunca kabul edilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

Ekmek örneklerinin hem üretim aşamalarında hem de depolama süresince TMAB, TPAB, MK, *S. aureus*, *Enterobacteriaceae*, koliform bakteri ve *E. coli* gibi mikrobiyolojik özellikleri araştırılmıştır. Ekmek örneklerinin üretim aşamalarından hamur, kısmen pişirilmiş, kısmen pişirilmiş-dondurulmuş ve son olarak tam pişirilmiş hallerinde analizler yapılmıştır. Kısmen pişirme işleminin etkisiyle tüm örneklerde mikrobiyolojik koloni sayıları kabul edilir sınırlar içerisinde olmuş, dondurma işleminin etkisiyle kısmen azalma göstermiş ve tam pişirme işleminin etkisiyle de ya kabul edilir sınırlar içerisinde olmuş ya da tespit edilememiştir. Kısmen pişirilmiş ve vakum ambalajda dondurulmuş halde depolanan örneklerde ise depolama süresi boyunca tüm TMAB ve TPAB analizlerinde sonuçlar ya depolama başlangıç sayıları ile aynı düzeyde kalmış ya da bir miktar düşüş göstermiştir. MK sayıları ise depolamada H0-G1.5 örneğinde 0. günden, H0-G0 ve H40-G1.5 örneklerinde 30. günden, H40-G0 örneğinde ise 60. günden itibaren 1 log kob/g’ ın altına düşmüştür. *S. aureus* sayısı depolama sırasında H0-G0, H0-G1.5 ve H40-G0

örneklerinde 0. günden, H40-G.15 örneğinde ise 60. günden itibaren 1 log kob/g' ın altında belirlenmiştir. *Enterobacteriaceae* spp., koliform bakteri sayıları ise depolama dönemleri boyunca 1 log kob/g' ın altında belirlenmiştir. *E. coli* ise hiçbir örnekte depolama süresince de belirlenememiştir. Bu üretim yönteminin örneklerin genel olarak kimyasal bozulmasını önlediği ve mikrobiyolojik olarak da güvenli sınırlar içerisinde kalmasını sağladığı sonucuna varılabilmektedir.

Depolama boyunca ekmek örneklerinin duyu analizi parametrelerindeki değişimler de incelenmiştir. Aynı depolama dönemi içerisinde örnekler arasında ekmek iç rengi ve koku parametreleri hariç diğer duyu analizi parametreleri sonuçları arasında önemli farklar bulunmuş, genel olarak hamsi unu içeren örnekler daha yüksek puanlanmıştır. Depolama dönemleri arasında ise örneklerin tüm duyu analizi sonuçlarında bir miktar düşüş görülmüş, ancak bu durum istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır ($p>0.05$). GKE puanlarına bakıldığında yine hamsi unu içeren örnekler daha yüksek puanlar almış, depolama süresinin sonunda duyu olarak kabul edilebilirliğinin de korunduğu belirlenmiştir.

FDA ve IOM' nin Uluslararası referans değerleri (Anonymous, 2017c, 2017d) temel alınarak H40-G1.5 örneğinin 100 g tüketilmesi ile günlük besin ihtiyacının ne kadarlık bir kısmının karşılanabildiği de hesaplanmıştır. Önemli oranlarda enerji, protein, yağ, esansiyel aminoasitler ve yağ asitleri ile mineral maddenin karşılanabildiği görülmüştür. Sadece 100 g tüketildiğinde dahi günlük ihtiyacın % 50' si ve üzerinde karşılanan bileşenler olduğu belirlenmiştir. Omega-3 yağ asidi ihtiyacı yaklaşık % 170, esansiyel aminoasitlerden histidin % 70, triptofan ise % 56 oranında karşılanabilmektedir.

Tez çalışmasının tüm sonuçları genel olarak ele alındığında, geleneksel ve yöresel bir gıda olan hamsili mısır ekmeği hem içerik açısından hem de üretim ve muhafaza teknikleri açısından standardizasyonu ile sürdürülebilir üretimi sağlanacak şekilde geliştirilmiştir. Yapılan analizler ve değerlendirmeler ışığında mısır unu miktarı baz alınarak % 40 hamsi unu, % 20 sebze karışımı ve % 1.5 oranında ksantan gum içeren formülasyon belirlenmiştir. Bu ürün kısmen pişirme tekniği ile üretilip ve vakum ambalajda dondurularak muhafaza edildiğinde, 180 günün sonunda peroksit değeri hariç diğer tüm analizler açısından kabul edilir özelliklerde olmuştur. Geliştirilen ürün gluten içermediği için gluten intoleransı olan kişiler ve çölyak hastaları tarafından tüketilebilecek, besleyicilik açısından çok zengin bir gıda

olmuştur. Genellikle ya besinsel açıdan yetersiz ya da gluten içermediği için pahalı ürünlere yönelmek zorunda kalan bu hastalar için besleyici yönden güçlü, oldukça sağlıklı, sezonunda avlandığında kıymetli ve en ucuz protein ve omega-3 yağ asidi kaynağı olan hamsi içerdiği için makul maliyet ile üretilebilecek bir ürüne sahip olmuş olabileceklerdir. Aynı zamanda kısmen pişirme tekniği ile üretildiği için uygun muhafaza koşullarında her yerde ve istenildiği zaman taze olarak ulaşılabilmesi ve tüketilebilmesi de sağlanabilecektir. Ülkemizde avlanan hamsilerin değerlendirilmesine yönelik bir alternatif daha oluşturulmuş ve bu anlamda ekonomik kayıpların önüne geçilerek katma değerli bir ürün daha ortaya konabilmiştir.

Ön denemelerde çeşitli gamlar (ksantan gam, sodyum aljinat, gam arabik, guar gam, karragennan ve sodyum-karboksimetil klorür (Na-CMC)) ve oranların (% 0.1, % 0.5, % 1, % 1.5, % 2) denendiği çalışmada % 1.5 oranında ksantan gam kullanımı ile mısır ekmeğinin sert, çabuk dağılan ve bayatlayan yapısı önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Bu hem tekstür hemde duyuşsal analiz sonuçlarına yansımıştır. Tekstürel özellikleri iyileşen ekmeğin hem duyuşsal raf ömrü hem de tercih edilebilirlik özellikleri artış göstermiştir.

Dondurulmuş su ürünlerinin yaygınlaşması ve kurutma gibi farklı muhafaza teknikleri ile su ürünlerinin kullanım alanlarının ve sürelerinin artırılması üzerinde durulması gereken bir konudur. Geliştirilen üründe mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında bir takım öneriler de düşünülmüştür. Üründe hamsi kullanımı yerine yine denizlerimizden avlanan diğer balık çeşitlerinin de bu yöntemle değerlendirilebileceği, böylece farklı tat ve karakterde başka ürünler de üretilerek çeşitlilik sağlanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan bu üretim tekniklerinde görülen en olası ve büyük problem oksidasyon olmuştur. Bu problemin önüne geçmek için hamsi düşük sıcaklıkta ancak etkin bir kurutma sistemi ile kısa sürede kurutulmaya çalışılmasına ve vakum ambalaj içerisinde son ürünün muhafaza edilmesine rağmen depolamada yapılan analiz sonuçlarında raf ömrünü kısaltan en önemli etkenin oksidasyon olduğu belirlenmiştir. Hamsi gibi yağlı ve çoklu doymamış yağ asidi içeriği yüksek olduğu için oksidasyon riski yüksek üründe bu durumun önüne geçmek için hamsinin tepsili sistemde düşük sıcaklıkta kurutulmasının yerine dondurarak kurutma tekniğinin uygulanması ile oksidasyon riskinin düşürülebileceği, ancak bu uygulamanın da

maliyeti önemli ölçüde artırabileceği öngörülmüştür. Aynı zamanda çeşitli doğal antioksidanların ekmeğın yapısına katılarak oksidasyonun daha etkili olarak önlenmesi de üzerinde çalışılabilecek bir diğer konudur.

Geleneksel üründe kullanılan pazı, pırasa ve kuru soğan gibi sebzeler yerine farklı sebzelerin kullanımı ile farklı aroma ve tat özelliklerine sahip, lifler veya antioksidanlar yönünden zengin hammaddelerin kullanıldığı fonksiyonel özellikleri artırılmış ürünlerin de geliştirilmesi araştırma konularından birisi olabilir.



KAYNAKLAR

- AACC. 2000. Approved Methods (10th ed). *American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.*:
- Abdel-Aziz M. E. and Morsy N. F. S. 2015. Keeping Quality of Frozen Beef Patties by Marjoram and Clove Essential Oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 6, 956-965. doi:10.1111/jfpp.12309
- Abdul-Hamid A., Bakar J. and Bee G. H. 2002. Nutritional quality of spray dried protein hydrolysate from Black Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Food Chemistry*, 78: 1, 69-74. doi: 10.1016/S0308-8146(01)00380-6
- Abebe Y., Bogale A., Hambidge K. M., Stoecker B. J., Bailey K. and Gibson R. S. 2007. Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared foods consumed in rural Sidama, Southern Ethiopia, and implications for bioavailability. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 3-4, 161-168. doi:10.1016/j.jfca.2006.09.003
- Abhayawick L., Laguerre J. C., Tauzin V. and Duquenoy A. 2002. Physical properties of three onion varieties as affected by the moisture content. *Journal of Food Engineering*, 55: 3, 253-262. doi:10.1016/S0260-8774(02)00099-7
- Adeyeye E. I. 2009. Amino acid composition of three species of Nigerian fish: *Clarias anguillaris*, *Oreochromis niloticus* and *Cynoglossus senegalensis*. *Food Chemistry*, 113: 1, 43-46. doi:10.1016/j.foodchem.2008.07.007
- Ahamed M. E., Anjaneyulu A. S. R., Sathu T., Thomas R. and Kondaiah N. 2007. Effect of enrobing on the quality and shelf life of buffalo meat cutlets under frozen storage. *Journal of Muscle Foods*, 18: 1, 19-34. doi:10.1111/j.1745-4573.2006.00063.x
- Ahmed Z. S. and Hussein A. M. S. 2014. Exploring the Suitability of Incorporating Tiger Nut Flour as Novel Ingredient in Gluten-Free Biscuit. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64: 1, 27-33. doi:10.2478/v10222-012-0087-z
- Aida S. R., Johan A., Edgardo M., Raquel C. P., Edgar F., Miguel A., . . . Manuel V. 2008. Arepas made from beta-Glucans enriched Corn Flour produced low metabolic responses in healthy subjects. *Revista Latinoamericana De Hipertension*, 3: 7, 211-215.
- Akbaş Büyükkız E. (2000). Mısır Ekmeğinin Bazı Özellikleri ve Fitik Asit Miktarı Üzerine Yapım Yöntemlerinin Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 63, Ankara.
- Al-Kanhal M. A., Al-Mohizea I. S., Al-Othaimeen A. I. and Khan M. A. 1999. Nutritive value of various breads in Saudi Arabia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50: 5, 345-349.

- Al-Saghir S., Thurner K., Wagner K. H., Frisch G., Luf W., Razzazi-Fazeli E. and Elmadfa I. 2004. Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 16, 5290-5296. doi:10.1021/jf0495946
- Almeida E. L., Steel C. J. and Chang Y. K. 2016. Par-baked Bread Technology: Formulation and Process Studies to Improve Quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56: 1, 70-81. doi:10.1080/10408398.2012.715603
- Alpaslan M. and Hayta M. 2006. The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. *Journal of Food Quality*, 29: 6, 617-627. doi:10.1111/j.1745-4557.2006.00099.x
- Altindag G., Certel M., Erem F. and Konak U. I. 2015. Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. *Food Science and Technology International*, 21: 3, 213-220. doi:10.1177/1082013214525428
- Altinel B. (2002). Sanayide Kullanılan Mısır ile Kuru Öğütme ve Ürünlerinin Bazı Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 108, İzmir
- Altuntas I. and Turhan S. 2013. Effect of Packaging Methods on Colour, Lipid Quality and Microbial Growth of Beef Patties Enhanced with Flaxseed Flour. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33: 1, 58-66. doi:10.5851/kosfa.2013.33.1.58
- Anonim. 2012. Türk Gıda Kodeksi, Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği, 2012/4, <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.15749&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=gluten>, (Erişim tarihi: 29.03.2017).
- Anonim. 2017a. Türk Patent ve Marka Kurumu, Coğrafi İşaretler Bilgilendirme, <http://www.turkpatent.gov.tr/TurkPatent/commonContent/CAbout> (Erişim tarihi: 25.03.2017).
- Anonim. 2017b. Türkiye Esnaf ve Sanatkarları Konfederasyonu, Coğrafi İşaret Nedir?, <http://www.tesk.org.tr/tr/calisma/sinai/cografi.html> (Erişim Tarihi: 25.03.2017).
- Anonim. 2017c. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi: 22.03.2017).
- Anonim. 2017d. Türkiye İstatistik Kurumu Su Ürünleri İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> (Erişim tarihi: 22.03.2017).
- Anonim. 2017e. Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Obezite, Diyabet ve Metabolik Hastalıklar Daire Başkanlığı. Çölyak. <http://beslenme.gov.tr/index.php?lang=tr&page=518> (Erişim tarihi: 22.03.2017).

- Anonim. 2017f. Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Obezite, Diyabet ve Metabolik Hastalıklar Daire Başkanlığı. Çölyak ve Görülme Sıklığı. <http://beslenme.gov.tr/index.php?lang=tr&page=519> (Erişim tarihi: 22.03.2017).
- Anonim. 2017g. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food/271> (Erişim tarihi: 08.04.2017).
- Anonim. 2017h. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food/235> (Erişim tarihi: 08.04.2017).
- Anonim. 2017i. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food/427> (Erişim tarihi: 08.04.2017).
- Anonim. 2017j. *Enterobacteriaceae* Genel Bilgiler. <http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/BelgeKardes.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FFB1624919F9A12D6A> (Erişim tarihi: 20.06.2017).
- Anonymous. 2011a. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption, 50, Rome. www.fao.org/docrep/014/ba0136e/ba0136e00.pdf (Erişim tarihi: 23.03.2017).
- Anonymous. 2011b. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dietary protein quality evaluation in human nutrition <http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf> (Erişim tarihi: 18.04.2017). 66.
- Anonymous. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Overview of the world's anchovy sector and trade possibilities for Georgian anchovy products. www.fao.org/fileadmin/.../Anchovies_report_2.03.2012.pdf (Erişim tarihi: 23.03.2017).
- Anonymous. 2017a. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production quantities of maize by country. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (Erişim tarihi: 22.03.2017).
- Anonymous. 2017b. Corn, yellow nutrition facts and calories <http://nutritiondata.self.com/facts/cereal-grains-and-pasta/5687/28> (Erişim tarihi: 16.07.2017).
- Anonymous. 2017c. United States Food and Drug Administration. Guidance for Industry: A Food Labeling Guide <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm064928.htm> (Erişim tarihi: 18.04.2017).
- Anonymous. 2017d. Essential fatty acids Intake Recommendations http://www.nutrifacts.org/en_US/nutrients/essential-fatty-acids/essential-fatty-acids/intake-recommendations.html (Erişim tarihi: 18.04.2017).
- AOCS. 1990. Official Method Cd 8-53. Peroxide Value, Acetic Acid-Chloroform Method. In Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society; AOCS Press: Champaign, IL.:

- Aprodu I. and Banu I. 2015. Influence of dietary fiber, water, and glucose oxidase on rheological and baking properties of maize based gluten-free bread. *Food Science and Biotechnology*, 24: 4, 1301-1307. doi:10.1007/s10068-015-0167-z
- Ariyama K., Nishida T., Noda T., Kadokura M. and Yasui A. 2006. Effects of fertilization, crop year, variety, and provenance factors on mineral concentrations in onions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 9, 3341-3350. doi:10.1021/jf0525481
- Aydemir O. (2010). Kars Kaşar Peynirinin Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 128, Samsun.
- Aydin I. and Gokoglu N. 2014. Effects of temperature and time of freezing on lipid oxidation in anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during frozen storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116: 8, 996-1001. doi:10.1002/ejlt.201300450
- Babio N., Alcazar M., Castillejo G., Recasens M., Martinez-Cerezo F., Gutierrez-Pensado V., . . . Salas-Salvado J. 2017. Patients With Celiac Disease Reported Higher Consumption of Added Sugar and Total Fat Than Healthy Individuals. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64: 1, 63-69. doi:10.1097/Mpg.0000000000001251
- Bakar J., Rahimabadi E. Z. and Man Y. B. C. 2008. Lipid characteristics in cooked, chill-reheated fillets of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorus guttatus*). *Lwt-Food Science and Technology*, 41: 10, 2144-2150. doi:10.1016/j.lwt.2007.12.004
- Barcenas M. E. and Rosell C. M. 2006a. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *Journal of Food Engineering*, 72: 1, 92-99. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.11.027
- Barcenas M. E. and Rosell C. M. 2006b. Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread. *Food Chemistry*, 95: 3, 438-445. doi:10.1016/j.foodchem.2005.01.023
- Basso F. M., Mangolim C. S., Aguiar M. F. A., Monteiro A. R. G., Peralta R. M. and Mاتيoli G. 2015. Potential use of cyclodextrin-glycosyltransferase enzyme in bread-making and the development of gluten-free breads with pinion and corn flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66: 3, 275-281.
- Bensid A., Ucar Y., Bendeddouche B. and Ozogul F. 2014. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. *Food Chemistry*, 145, 681-686. doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.106
- Boran G., Boran M. and Karacam H. 2008. Seasonal changes in proximate composition of anchovy and storage stability of anchovy oil. *Journal of Food Quality*, 31: 4, 503-513. doi:10.1111/j.1745-4557.2008.00215.x

- Boziaris I. S., Stamatiou A. P. and Nychas G. J. E. 2013. Microbiological aspects and shelf life of processed seafood products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 5, 1184-1190. doi:10.1002/jsfa.5873
- Brites C., Trigo M. J., Santos C., Collar C. and Rosell C. M. 2010. Maize-Based Gluten-Free Bread: Influence of Processing Parameters on Sensory and Instrumental Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3: 5, 707-715. doi:10.1007/s11947-008-0108-4
- Brito I. L., de Souza E. L., Felex S. S. S., Madruga M. S., Yamashita F. and Magnani M. 2015. Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)-based cookies development using an experimental mixture design. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52: 9, 5866-5873. doi:10.1007/s13197-014-1659-1
- Buresova I., Kracmar S., Dvorakova P. and Streda T. 2014. The relationship between rheological characteristics of gluten-free dough and the quality of biologically leavened bread. *Journal of Cereal Science*, 60: 2, 271-275. doi:10.1016/j.jcs.2014.07.001
- Careche M., Garcia R. and Borderias J. 2002. Anchovy shelf life as affected by different chilling methods during distribution. *Journal of Food Protection*, 65: 2, 353-361.
- Celik U. and Oehlenschlaeger J. 2007. High contents of cadmium, lead, zinc and copper in popular fishery products sold in Turkish supermarkets. *Food Control*, 18: 3, 258-261.
- Chen G., Xiong Y. L., Kong B., Newman M. C., Thompson K. R., Metts L. S. and Webster C. D. 2007. Microbiological and physicochemical properties of red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) stored in different package systems at 2 degrees C. *Journal of Food Science*, 72: 8, 442-449. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00482.x
- Chotimarkorn C. 2014. Quality changes of anchovy (*Stolephorus heterolobus*) under refrigerated storage of different practical industrial methods in Thailand. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 51: 2, 285-293.
- Ciacci C., Maiuri L., Caporaso N., Bucci C., Del Giudice L., Massardo D. R., . . . Londei M. 2007. Celiac disease: In vitro and in vivo safety and palatability of wheat-free sorghum food products. *Clinical Nutrition*, 26: 6, 799-805. doi:10.1016/j.clnu.2007.05.006
- Ciesarova Z., Basil E., Kukurova K., Markova L., Zielinski H. and Wronkowska M. 2016. Gluten-free muffins based on fermented and unfermented buckwheat flour - content of selected elements. *Journal of Food and Nutrition Research*, 55: 2, 108-113.
- Colonna E., Rouphael Y., Barbieri G. and De Pascale S. 2016. Nutritional quality of ten leafy vegetables harvested at two light intensities. *Food Chemistry*, 199, 702-710. doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.068

- Cong B., Maxwell C., Luck S., Vespestad D., Richard K., Mickelson J. and Zhong C. 2015. Genotypic and Environmental Impact on Natural Variation of Nutrient Composition in 50 Non Genetically Modified Commercial Maize Hybrids in North America. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63: 22, 5321-5334. doi:10.1021/acs.jafc.5b01764
- Connor W. E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71: 1, 171s-175s.
- Coppola S., Pepe O. and Mauriello G. 1998. Effect of leavening microflora on pizza dough properties. *Journal of Applied Microbiology*, 85: 5, 891-897. doi:10.1046/j.1365-2672.1998.00570.x
- Curic D., Novotni D., Bauman I., Kricka T. and Dugum J. 2009. Optimization of Extrusion Cooking of Cornmeal as Raw Material for Bakery Products. *Journal of Food Process Engineering*, 32: 2, 294-317. doi:10.1111/j.1745-4530.2007.00217.x
- Czerner M., Agustinelli S. P., Guccione S. and Yeannes M. I. 2015. Effect of different preservation processes on chemical composition and fatty acid profile of anchovy (*Engraulis anchoita*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66: 8, 887-894. doi:10.3109/09637486.2015.1110687
- Czerner M., Tomas M. C. and Yeannes M. I. 2011. Ripening of salted anchovy (*Engraulis anchoita*): development of lipid oxidation, colour and other sensorial characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 4, 609-615. doi:10.1002/jsfa.4221
- Çağlar H. (2016). Farklı lokasyonlarda yetiştirilen mısır genotiplerinin tane verimi ve kalitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 71, Aydın.
- Çakır F. (2010). Farklı doğal katkı maddeleri kullanılarak hazırlanan hamsi marinatlarının raf ömrü sürelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 142, Çanakkale.
- da Silva E. M. M., Ascheri J. L. R. and Ascheri D. P. R. 2016. Quality assessment of gluten-free pasta prepared with a brown rice and corn meal blend via thermoplastic extrusion. *Lwt-Food Science and Technology*, 68, 698-706. doi:10.1016/j.lwt.2015.12.067
- Daglioglu O. and Tasan M. 2003. Fatty acid composition of traditional fermented and unfermented Turkish corn bread with the emphasis on trans fatty acids. *European Food Research and Technology*, 217: 2, 125-127. doi:10.1007/s00217-003-0720-5
- Daiss N., Lobo M. G. and Gonzalez M. 2008. Changes in postharvest quality of Swiss chard grown using 3 organic preharvest treatments. *Journal of Food Science*, 73: 6, S314-S320. doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00842.x

- de la Hera E., Talegon M., Caballero P. and Gomez M. 2013. Influence of maize flour particle size on gluten-free breadmaking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 4, 924-932. doi:10.1002/jsfa.5826
- de Lima J. G., Brito-Oliveira T. C. and de Pinho S. C. 2016. Characterization and evaluation of sensory acceptability of ice creams incorporated with beta-carotene encapsulated in solid lipid microparticles. *Food Science and Technology*, 36: 4, 664-671. doi:10.1590/1678-457x.13416
- Debonne E., Van Bockstaele F., Philips E., De Leyn I. and Eeckhout M. 2017. Impact of par-baking and storage conditions on the quality of par-baked and fully baked bread. *Lwt-Food Science and Technology*, 78, 16-22. doi:10.1016/j.lwt.2016.12.021
- Demirkesen I., Kelkar S., Campanella O. H., Sumnu G., Sahin S. and Okos M. 2014. Characterization of structure of gluten-free breads by using X-ray microtomography. *Food Hydrocolloids*, 36, 37-44. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.09.002
- Dincer M. T. and Aydin I. 2014. Proximate composition and mineral and fatty acid profiles of male and female jinga shrimps (*Metapenaeus affinis*, H. Milne Edwards, 1837). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38, 445-451. doi:10.3906/vet-1301-15
- Diowski A., Sucharzewska D. and Ambroziak W. 2009. Function of Dietary Fibre in Forming Functional Properties of Gluten Free Dough and Bread. *Zywnosc-Nauka Technologia Jakosc*, 16: 2, 83-93.
- Edema M. O. 2011. A Modified Sourdough Procedure for Non-Wheat Bread from Maize Meal. *Food and Bioprocess Technology*, 4: 7, 1264-1272. doi:10.1007/s11947-009-0252-5
- Edema M. O., Sanni L. O. and Sanni A. I. 2005. Evaluation of maize-soybean flour blends for sour maize bread production in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 4: 9, 911-918.
- Eglezos S., Huang B. X. and Stuttard E. 2008. A survey of the bacteriological quality of preroasted peanut, almond, cashew, hazelnut, and Brazil nut kernels received into three Australian nut-processing facilities over a period of 3 years. *Journal of Food Protection*, 71: 2, 402-404.
- Ehsani A. and Jasour M. S. 2014. Determination of Short- Term Icing and Frozen Storage Characteristics of Ungutted Silver Carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 38: 2, 713-720. doi:10.1111/jfpp.12022
- Elgeti D., Nordlohne S. D., Foste M., Besl M., Linden M. H., Heinz V., . . . Becker T. 2014. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59: 1, 41-47. doi:10.1016/j.jcs.2013.10.010

- Eppendorfer W. H. and Eggum B. O. 1996. Fertilizer effects on yield, mineral and amino acid composition, dietary fibre content and nutritive value of leeks. *Plant Foods for Human Nutrition*, 49: 2, 163-174. doi:10.1007/Bf01091974
- Erkan N., Ozden O. and Selcuk A. 2010. Effect of Frying, Grilling, and Steaming on Amino Acid Composition of Marine Fishes. *Journal of Medicinal Food*, 13: 6, 1524-1531. doi:10.1089/jmf.2009.0203
- Ersoy B. (2001). (Clarias gariepinus BURCHELL, 1822) ve Sarıbenli (Barbus luteus HECKEL, 1843) Köftelerinin Dondurularak Muhafazası Süresince Oluşan Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Değişikliklerin İncelenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Antakya.
- Ertas Y. and Gezmen-Karadag M. 2013. Sağlıklı Beslenmede Türk Mutfak Kültürünün Yeri. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2: 1, 117-136.
- Fagan J. D., Gormley T. R. and Mhuircheartaigh M. U. 2003. Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, 36: 7, 647-655. doi:10.1016/S0023-6438(03)00084-7
- Falade A. T., Emmambux M. N., Buys E. M. and Taylor J. R. N. 2014. Improvement of maize bread quality through modification of dough rheological properties by lactic acid bacteria fermentation. *Journal of Cereal Science*, 60: 3, 471-476. doi:10.1016/j.jcs.2014.08.010
- Fernandez-Lopez J., Zhi N., Aleson-Carbonell L., Perez-Alvarez J. A. and Kuri V. 2005. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. *Meat Science*, 69: 3, 371-380. doi:10.1016/j.meatsci.2004.08.004
- Filipovic N., Simovic D. S. and Filipovic V. 2009. Breadmaking Characteristics of Dough with Extruded Corn. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 15: 1, 21-24.
- Galagher E. 2009. Improving gluten-free bread quality through the application of enzymes. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 20: 1, 34-37.
- Gambaro A., Varela P., Gimenez A., Aldrovandi A., Fiszman S. M. and Hough G. 2002. Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 33: 5, 401-413. doi:10.1111/j.1745-4603.2002.tb01356.x
- Gellar L., Rovner A. J. and Nansel T. R. 2009. Whole Grain and Legume Acceptability Among Youths With Type 1 Diabetes. *Diabetes Educator*, 35: 3, 422-427. doi:10.1177/0145721709333267
- Gencbay G. and Turhan S. 2016. Proximate Composition and Nutritional Profile of the Black Sea Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) Whole Fish, Fillets, and By-

- Products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25: 6, 864-874. doi:10.1080/10498850.2014.945199
- Gokoglu N., Yerlikaya P. and Topuz O. K. 2012. Effects of Tomato and Garlic Extracts on Oxidative Stability in Marinated Anchovy. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36: 3, 191-197. doi:10.1111/j.1745-4549.2011.00576.x
- Gomez M., Ronda F., Caballero P. A., Blanco C. A. and Rosell C. M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21: 2, 167-173. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.03.012
- Gulfen M. 2012. Selenium levels in breads from Sakarya, Turkey. *Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance*, 5: 1, 16-19.
- Guner S., Dincer B., Alemdag N., Colak A. and Tufekci M. 1998. Proximate composition and selected mineral content of commercially important fish species from the Black Sea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78: 3, 337-342.
- Gunsen U., Ozcan A. and Aydin A. 2011. Determination of Some Quality Criteria of Cold Stored Marinated Anchovy under Vacuum and Modified Atmosphere Conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 2, 233-242. doi:10.4194/trjfas.2011.0208
- Gurmeric V. E., Dogan M., Toker O. S., Senyigit E. and Ersoz N. B. 2013. Application of Different Multi-criteria Decision Techniques to Determine Optimum Flavour of Prebiotic Pudding Based on Sensory Analyses. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 10, 2844-2859. doi:10.1007/s11947-012-0972-9
- Hager A. S. and Arendt E. K. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32: 1, 195-203. doi:10.1016/j.foodhyd.2012.12.021
- Hager A. S., Wolter A., Jacob F., Zannini E. and Arendt E. K. 2012. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 56: 2, 239-247. doi:10.1016/j.jcs.2012.06.005
- Hallen E., Ibanoglu S. and Ainsworth P. 2004. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 63: 2, 177-184. doi:10.1016/S0260-8774(03)00298-X
- Hambidge K. M., Krebs N. F., Westcott J. L., Sian L., Miller L. V., Peterson K. L. and Raboy V. 2005. Absorption of calcium from tortilla meals prepared from low-phytate maize. *American Journal of Clinical Nutrition*, 82: 1, 84-87.

- Haratake M., Takahashi J., Ono M. and Nakayama M. 2007. An assessment of Niboshi (a processed Japanese anchovy) as an effective food source of selenium. *Journal of Health Science*, 53: 4, 457-463. doi:10.1248/jhs.53.457
- Henry C. J., Bi X. Y., Lim J. and Lau E. 2016. Mineral decline due to modernization of food habits. *Food Chemistry*, 190, 194-196. doi:10.1016/j.foodchem.2015.05.092
- Hernandez-Herrero M. M., Roig-Sagues A. X., Lopez-Sabater E. I., Rodriguez-Jerez J. J. and Mora-Ventura M. T. 1999. Total volatile basic nitrogen and other physico-chemical and microbiological characteristics as related to ripening of salted anchovies. *Journal of Food Science*, 64: 2, 344-347. doi:10.1111/j.1365-2621.1999.tb15897.x
- Hong G. E., Kim J. H., Ahn S. J. and Lee C. H. 2015. Changes in Meat Quality Characteristics of the Sous-vide Cooked Chicken Breast during Refrigerated Storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35: 6, 757-764. doi:10.5851/kosfa.2015.35.6.757
- Hurrell R. F. 2004. Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 74: 6, 445-452. doi:10.1024/0300-9831.74.6.445
- Hwang C. L. and Yoon K. 1981. *Multiple Attribute Decision Making*, Springer Verlag, 186, Berlin.:
- Ibanoglu S., Ainsworth P., Wilson G. and Hayes G. D. 1995. The Effect of Fermentation Conditions on the Nutrients and Acceptability of Tarhana. *Food Chemistry*, 53: 2, 143-147. doi:10.1016/0308-8146(95)90779-7
- Inanli A. G., Karaton N. and Coban O. E. 2011. Sensorial, chemical and microbiological quality of anchovy cake. *African Journal of Biotechnology*, 10: 48, 9870-9874.
- İnceer N. E. (2011). Mısır bulgurunun bazı besinsel ve teknolojik özellikleri üzerine farklı olum devrelerinin ve bazı mısır varyetelerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 111, Konya.
- ISO. 1978. Method ISO 5509. Animal and Vegetable Fats and Oils – Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids. *International Organization for Standardization*, Geneva, 6.
- Jericho H., Assiri A. and Guandalini S. 2017. Celiac Disease and Wheat Intolerance Syndrome: A Critical Update and Reappraisal. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64: 1, 15-21. doi:10.1097/Mpg.0000000000001312
- Kabakçı C. Ç. (2014). Tarıma Dayalı Sanayi İşletmelerinde TOPSIS Yöntemiyle Finansal Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, 121, İzmir.

- Kang M. J., Shin M. S., Park J. N. and Lee S. S. 2005. The effects of polyunsaturated : saturated fatty acids ratios and peroxidisability index values of dietary fats on serum lipid profiles and hepatic enzyme activities in rats. *British Journal of Nutrition*, 94: 4, 526-532. doi:10.1079/Bjn20051523
- Karaman E. (2015). Okullarin Teog Sinavı Başarı Sıralamaları: TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntem Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, 80, Gebze.
- Karaoglu M. M. 2006. Effect of initial baking and storage time on pasting properties and aging of par-baked and rebaked rye bread. *International Journal of Food Properties*, 9: 3, 583-596. doi:10.1080/10942910600745178
- Karaoglu M. M. and Kotancilar H. G. 2006. Effect of partial baking, storage and rebaking process on the quality of white pan bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 108-114. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01432.x
- Karaoglu M. M., Kotancilar H. G. and Gercekaslan K. E. 2008. The effect of par-baking and frozen storage time on the quality of cup cake. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 10, 1778-1785. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01698.x
- Kaya Y. and Turan H. 2010. Comparison of Protein, Lipid and Fatty Acids Composition of Anchovy (*Engraulis Encrasicolus* L. 1758) during the Commercial Catching Season. *Journal of Muscle Foods*, 21: 3, 474-483.
- Kilic B. and Richards M. P. 2003. Lipid oxidation in poultry doner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*, 68: 2, 686-689. doi:10.1111/j.1365-2621.2003.tb05732.x
- Kilinc B. 2009. Microbiological, Sensory and Color Changes of Anchovy (*Engraulis Encrasicolus*) Patties during Refrigerated Storage. *Journal of Muscle Foods*, 20: 2, 129-137. doi:10.1111/j.1745-4573.2009.00139.x
- Kilinc B. 2010. Preparation of Liquid Anchovy (*Engraulis Encrasicolus*) Soup and Microbiological and Sensory Changes during Refrigerated Storage. *Journal of Muscle Foods*, 21: 3, 451-458.
- Kilinc B., Cakli S., Dincer T. and Cadun A. 2009. Effects of Phosphates Treatment on the Quality of Frozen-Thawed Fish Species. *Journal of Muscle Foods*, 20: 4, 377-391.
- Kim M., Yun Y. and Jeong Y. 2015. Effects of corn, potato, and tapioca starches on the quality of gluten-free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, 24: 3, 913-919. doi:10.1007/s10068-015-0118-8
- Kinsella J. E. 1988. Fish and Seafoods - Nutritional Implications and Quality Issues. *Food Technology*, 42: 5, 146-150.
- Kobylanski J. R., Perez O. E. and Pilosof A. M. R. 2004. Thermal transitions of gluten-free doughs as affected by water, egg white and

hydroxypropylmethylcellulose. *Thermochimica Acta*, 411: 1, 81-89. doi:10.1016/j.tca.2003.08.002

Koca A. F., Koca I., Anil M., Hasbay I. and Yilmaz V. A. 2015. Physical, Rheological and Sensory Properties of Tarhana Prepared with Two Wild Edible Plants (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don) and (*Portulaca oleracea* L.). *Journal of Food Processing & Technology*, 6: 443 doi:10.4172/2157-7110.1000443

Kocatepe D. and Turan H. 2012. Proximate and Fatty Acid Composition of Some Commercially Important Fish Species from the Sinop Region of the Black Sea. *Lipids*, 47: 6, 635-641. doi:10.1007/s11745-012-3658-1

Kolanowski W. and Laufenberg G. 2006. Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research and Technology*, 222: 3-4, 472-477. doi:10.1007/s00217-005-0089-8

Kose S. and Erdem M. E. 2004. An investigation of quality changes in anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) stored at different temperatures. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28: 3, 575-582.

Kose S., Karacam H., Kutlu S. and Boran M. 2001. Investigating the shelf-life of the anchovy dish called 'hamsikusu' in frozen storage at -18 +/- 1 degrees C. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 25: 5, 651-656.

Krupa-Kozak U., Wronkowska M., Soral-Smietana M., Troszynska A. and Sadowska J. 2009. The Improvement of Sensory Quality and Texture Properties of Gluten Free Bread Fortified with Ca. *Czech Journal of Food Sciences*, 27, S283-S283.

Kucukgulmez A. 2012. Effects of chitosan on the shelf life of marinated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets during refrigerated storage. *Italian Journal of Animal Science*, 11: 3, 262-265. doi:10.4081/ijas.2012.e48

Kupper C. 2005. Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology*, 128: 4, S121-S127. doi:10.1053/j.gastro.2005.02.024

Küçükgülmez A. (2011). Kırmızı Dev Karides (*Aristaeomorpha Foliacea*) Kabuklarından Elde Edilen Ekstraktın Buzdolabında Depolanan Hamsi (*Engraulis Encrasicolus*)' nin Kimyasal Fiziksel ve Duyusal Özelliklerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, 139, Adana.

Larrosa V., Lorenzo G., Zaritzky N. and Califano A. 2013. Optimization of rheological properties of gluten-free pasta dough using mixture design. *Journal of Cereal Science*, 57: 3, 520-526. doi:10.1016/j.jcs.2013.03.003

Lazaridou A., Duta D., Papageorgiou M., Belc N. and Biliaderis C. G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79: 3, 1033-1047. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032

- Li R. Q., Hettiarachchy N., Rayaprolu S., Davis M., Eswaranandam S., Jha A. and Chen P. Y. 2015. Improved functional properties of glycosylated soy protein isolate using D-glucose and xanthan gum. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52: 9, 6067-6072. doi:10.1007/s13197-014-1681-3
- Lucas B. and Sotelo A. 1980. Effect of Different Alkalis, Temperature, and Hydrolysis Times on Tryptophan Determination of Pure Proteins and of Foods. *Analytical Biochemistry*, 109: 1, 192-197. doi:10.1016/0003-2697(80)90028-7
- Mahmoudzadeh M., Motallebi A. A., Hosseini H., Haratian P., Ahmadi H., Mohammadi M. and Khaksar R. 2010. Quality assessment of fish burgers from deep flounder (*Pseudorhombus elevatus*) and brushtooth lizardfish (*Saurida undosquamis*) during storage at-18 degrees C. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9: 1, 111-126.
- Mariotti M., Lucisano M., Pagani M. A. and Ng P. K. W. 2009. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Research International*, 42: 8, 963-975. doi:10.1016/j.foodres.2009.04.017
- Metts L. S., Rawles S. D., Brady Y. J., Thompson K. R., Gannam A. L., Twibell R. G. and Webster C. D. 2011. Amino acid availability from selected animal- and plant-derived feedstuffs for market-size sunshine bass (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*). *Aquaculture Nutrition*, 17: 2, 123-131. doi:10.1111/j.1365-2095.2009.00742.x
- Milde L. B., Ramallo L. A. and Puppo M. C. 2012. Gluten-free Bread Based on Tapioca Starch: Texture and Sensory Studies. *Food and Bioprocess Technology*, 5: 3, 888-896. doi:10.1007/s11947-010-0381-x
- Mohammadi M., Sadeghnia N., Azizi M. H., Neyestani T. R. and Mortazavian A. M. 2014. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20: 4, 1812-1818.
- Mol S. 2008. Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Journal of Fisheries Sciences*, 2: 4, 601-607.
- Moore M. M., Heinbockel M., Dockery P., Ulmer H. M. and Arendt E. K. 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry*, 83: 1, 28-36. doi:10.1094/Cc-83-0028
- Moraes K. and Pinto L. A. A. 2015. Protein quality of dried enzymatic hydrolysate from anchovy produced in a spouted bed of inert particles. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 3, 819-825. doi:10.1111/ijfs.12716
- Moreira R., Chenlo F., Torres M. D. and Prieto D. M. 2012. Technological Assessment of Chestnut Flour Doughs Regarding to Doughs from Other Commercial Flours and Formulations. *Food and Bioprocess Technology*, 5: 6, 2301-2310. doi:10.1007/s11947-011-0524-8

- Mortensen G., Sorensen J. and Stapelfeldt H. 2002. Comparison of peroxide value methods used for semihard cheeses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 18, 5007-5011. doi:10.1021/jf0200220
- Naves M. M. V., de Castro M. V. L., de Mendonca A. L., Santos G. G. and Silva M. S. 2011. Corn germ with pericarp in relation to whole corn: nutrient contents, food and protein efficiency, and protein digestibility-corrected amino acid score. *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 31: 1, 264-269.
- Nkhabutlane P., du Rand G. E. and de Kock H. L. 2014. Quality characterization of wheat, maize and sorghum steamed breads from Lesotho. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94: 10, 2104-2117. doi:10.1002/jsfa.6531
- Numanoglu E., Uygun U., Koksel H. and Solfrizzo M. 2010. Stability of Fusarium toxins during traditional Turkish maize bread production. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 2: 2, 84-92. doi:10.1111/j.1757-837X.2010.00059.x
- Oksuz A., Ozyilmaz A. and Turan C. 2009. Comparative Study on Fatty Acid Profiles of Anchovy from Black Sea and Mediterranean Sea (*Engraulis encrasicolus* L., 1758). *Asian Journal of Chemistry*, 21: 4, 3081-3086.
- Oladunmoye O. O., Akinoso R. and Olapade A. A. 2010. Evaluation of Some Physical-Chemical Properties of Wheat, Cassava, Maize and Cowpea Flours for Bread Making. *Journal of Food Quality*, 33: 6, 693-708. doi:10.1111/j.1745-4557.2010.00351.x
- Olsen E., Vogt G., Ekeberg D., Sandbakk M., Pettersen J. and Nilsson A. 2005. Analysis of the early stages of lipid oxidation in freeze-stored pork back fat and mechanically recovered poultry meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2, 338-348. doi:10.1021/jf0488559
- Olsen S. F. and Secher N. J. 2002. Low consumption of seafood in early pregnancy as a risk factor for preterm delivery: prospective cohort study. *British Medical Journal*, 324: 7335, 447-450. doi:10.1136/bmj.324.7335.447
- Onmaz N. E., Abay S., Karadal F., Hizlisoy H., Telli N. and Al S. 2015. Occurrence and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp. in retail fish samples in Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 90: 1-2, 242-246. doi:10.1016/j.marpolbul.2014.10.046
- Onyango C., Unbehend G. and Lindhauer M. G. 2009. Effect of cellulose-derivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. *Food Research International*, 42: 8, 949-955. doi:10.1016/j.foodres.2009.04.011
- Osako K., Hossain M. A., Kuwahara K., Okamoto A., Yamaguchi A. and Nozaki Y. 2005. Quality aspect of fish sauce prepared from underutilized fatty Japanese anchovy and rabbit fish. *Fisheries Science*, 71: 6, 1347-1355. doi:DOI 10.1111/j.1444-2906.2005.01101.x

- Ozden O. 2005. Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 12, 2015-2020. doi:10.1002/jsfa.2207
- Ozogul Y. and Balikci E. 2013. Effect of Various Processing Methods on Quality of Mackerel (*Scomber scombrus*). *Food and Bioprocess Technology*, 6: 4, 1091-1098. doi:10.1007/s11947-011-0641-4
- Ozogul Y., Ozogul F. and Kuley E. 2010. Effects of Combining of Smoking and Marinating on the Shelf Life of Anchovy Stored at 4 degrees C. *Food Science and Biotechnology*, 19: 1, 69-75. doi:10.1007/s10068-010-0010-5
- Ozturk G., Dogan M. and Toker O. S. 2014. Physicochemical, functional and sensory properties of mellorine enriched with different vegetable juices and TOPSIS approach to determine optimum juice concentration. *Food Bioscience*, 7, 45-55. doi:10.1016/j.fbio.2014.05.001
- Ötkür F. (2008). Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Tedarikçi Bütünleşmesinin Topsis Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 93, Kocaeli.
- Özata E. and Kapar H. 2014. Bazı Atıdışı Hibrit Mısır (*Zea mays indentata* Sturt) Genotiplerinin Samsun Koşullarında Kalite ve Performanslarının Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7: 2, 1-7.
- Özcan S. 2009. Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretime Katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2: 2, 1-34.
- Pagliarini E., Laureati M. and Lavelli V. 2010. Sensory evaluation of gluten-free breads assessed by a trained panel of celiac assessors. *European Food Research and Technology*, 231: 1, 37-46. doi:10.1007/s00217-010-1249-z
- Pasqualone A., Caponio F., Summo C. and Arapi V. 2004. Characterisation of traditional Albanian breads derived from different cereals. *European Food Research and Technology*, 219: 1, 48-51. doi:10.1007/s00217-004-0917-2
- Pereira V., Pontes M., Câmara J. S. and Marques J. C. 2008. Simultaneous analysis of free amino acids and biogenic amines in honey and wine samples using in loop orthophthalaldehyde derivatization procedure. *Journal of Chromatography A*, 1189: 1, 435-443. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.12.014>
- Phillips G. O. and Williams P. A. 2000. *Handbook of Hydrocolloids.*, Woodhead Publishing, Chapter 6, Cambridge, England.:
- Pourashouri P., Chapela M. J., Atanassova M., Cabado A. G., Vieites J. M. and Aubourg S. P. 2013. Quality loss assessment in fish-based ready-to-eat foods during refrigerated storage. *Grasas Y Aceites*, 64: 1, 22-29. doi:10.3989/gya.022912
- Preichardt L. D., Vendruscolo C. T., Gularte M. A. and Moreira A. D. 2011. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products

- for coeliac patients. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 12, 2591-2597. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02788.x
- Rafflenbeul W. 2001. Fish for a healthy heart. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103: 5, 315-317. doi:10.1002/1438-9312(200105)103:5
- Rather S. A., Masoodi F. A., Akhter R., Gani A., Wani S. M. and Malik A. H. 2015. Xanthan gum as a fat replacer in goshtaba-a traditional meat product of India: effects on quality and oxidative stability. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52: 12, 8104-8112. doi:10.1007/s13197-015-1960-7
- Renzetti S., Dal Bello F. and Arendt E. K. 2008. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48: 1, 33-45. doi:10.1016/j.jcs.2007.07.01
- Riveiro I., Guisande C., Iglesias P., Basilone G., Cuttitta A., Giraldez A., . . . Maneiro I. 2011. Identification of subpopulations in pelagic marine fish species using amino acid composition. *Hydrobiologia*, 670: 1, 189-199.
- Roncarati A., Brambilla G., Meluzzi A., Iamiceli A. L., Fanelli R., Moret I., . . . di Domenico A. 2012. Fatty acid profile and proximate composition of fillets from *Engraulis encrasicolus*, *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* and *Sarda sarda* caught in Tyrrhenian, Adriatic and Ionian seas. *Journal of Applied Ichthyology*, 28: 4, 545-552. doi:10.1111/j.1439-0426.2012.01948.x
- Ronda F., Oliete B., Gomez M., Caballero P. A. and Pando V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102: 3, 272-277. doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.09.001
- Rostamian M., Milani J. M. and Maleki G. 2014. Physical Properties of Gluten-Free Bread Made of Corn and Chickpea Flour. *International Journal of Food Engineering*, 10: 3, 467-472.
- Rozylo R., Rudy S., Krzykowski A. and Dziki D. 2015. Novel Application of Freeze-Dried Amaranth Sourdough in Gluten-Free Bread Production. *Journal of Food Process Engineering*, 38: 2, 135-143. doi:10.1111/jfpe.12152
- Rybicka I. and Gliszczynska-Swiglo A. 2017a. Minerals in grain gluten-free products. The content of calcium, potassium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese, and zinc. *Journal of Food Composition and Analysis*, 59, 61-67. doi:10.1016/j.jfca.2017.02.006
- Rybicka I. and Gliszczynska-Swiglo A. 2017b. Gluten-Free Flours from Different Raw Materials as the Source of Vitamin B-1, B-2, B-3 and B-6. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 63: 2, 125-132.
- Sabanis D. and Tzia C. 2009. Effect of Rice, Corn and Soy Flour Addition on Characteristics of Bread Produced from Different Wheat Cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, 2: 1, 68-79. doi:10.1007/s11947-007-0037-7

- Sabanis D. and Tzia C. 2011a. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International*, 17: 4, 279-291. doi:10.1177/1082013210382350
- Sabanis D. and Tzia C. 2011b. Selected Structural Characteristics of HPMC-Containing Gluten Free Bread: A Response Surface Methodology Study for Optimizing Quality. *International Journal of Food Properties*, 14: 2, 417-431. doi:10.1080/10942910903221604
- Saglik S. and Imre S. 2001. omega 3-fatty acids in some fish species from Turkey. *Journal of Food Science*, 66: 2, 210-212. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb11318.x
- Sallam K. I. 2008. Effect of marinating process on the microbiological quality of Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4 degrees C. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 2, 220-228. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01421.x
- Sanguinetti A. M., Secchi N., Del Caro A., Fadda C., Fenu P. A. M., Catzeddu P. and Piga A. 2015. Gluten-free fresh filled pasta: The effects of xanthan and guar gum on changes in quality parameters after pasteurisation and during storage. *Lwt-Food Science and Technology*, 64: 2, 678-684.
- Sanni A. I., Onilude A. A. and Fatungase M. O. 1998. Production of sour maize bread using starter-cultures. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 14: 1, 101-106.
- Savtekin N. (2014). Çölyak hastaları için baklagil unları ile zenginleştirilmiş mısır eriştesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 101, Ankara.
- Sciarini L. S., Ribotta P. D., Leon A. E. and Perez G. T. 2010a. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 11, 2306-2312. doi:10.1111/j.1365-2621.2010.02407.x
- Sciarini L. S., Ribotta P. D., Leon A. E. and Perez G. T. 2010b. Influence of Gluten-free Flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3: 4, 577-585. doi:10.1007/s11947-008-0098-2
- Sciarini L. S., Ribotta P. D., Leon A. E. and Perez G. T. 2012. Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111: 4, 590-597. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.03.011
- Sen M. K. C. and Temelli S. 2003. Microbiological and chemical qualities of marinated anchovy prepared with different vegetable additives and sauce. *Revue De Medecine Veterinaire*, 154: 11, 703-707.
- Shah A. K. M. A., Tokunaga C., Kurihara H. and Takahashi K. 2009. Changes in lipids and their contribution to the taste of migaki-nishin (dried herring fillet)

- during drying. *Food Chemistry*, 115: 3, 1011-1018. doi:10.1016/j.foodchem.2009.01.023
- Shahidi F. 1997. Functional proteins and lipids from aquatic species. *Abstracts of Papers of the American Chemical Society*, 213, 96-Agfd.
- Shao Y. Y., Lin K. H. and Chen Y. H. 2015. Batter and Product Quality of Eggless Cakes Made of Different Types of Flours and Gums. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 6, 2959-2968. doi:10.1111/jfpp.12547
- Sharp K., Walker H. and Coppel K. J. 2014. Coeliac disease and the gluten-free diet in New Zealand: The New Zealand Coeliac Health Survey. *Nutrition & Dietetics*, 71: 4, 223-228. doi:10.1111/1747-0080.12105
- Shiriskar D. A., Khedkar G. D. and Sudhakara N. S. 2010. Preparation of Boiled and Dried Products from Anchovies (*Stolephorus* Sp.) and Studies on Quality Changes during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 73-86. doi:10.1111/j.1745-4549.2008.00280.x
- Shozen K., Ohshima T., Ushio H., Takiguchi A. and Koizumi C. 1997. Effects of antioxidants and packing on cholesterol oxidation in processed anchovy during storage. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 30: 1, 2-8.
- Sidhu K. S. 2003. Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38: 3, 336-344.
- Silbernagel K. M. and Lindberg K. G. 2003. 3M(TM) Petrifilm(TM) Enterobacteriaceae count plate method for enumeration of Enterobacteriaceae in selected foods: Collaborative study. *Journal of Aoac International*, 86: 4, 802-814.
- Silva B. O., Caraviello D. Z., Rodrigues A. C. and Ruegg P. L. 2005. Evaluation of petrifilm for the isolation of *Staphylococcus aureus* from milk samples. *Journal of Dairy Science*, 88: 8, 3000-3008. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72980-5
- Simopoulos A. P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56: 8, 365-379. doi:10.1016/S0753-3322(02)00253-6
- Simopoulos A. P. 2006. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 60: 9, 502-507. doi:10.1016/j.biopha.2006.07.080
- Siriskar D. A., Khedkar G. D. and Lior D. 2013. Production of salted and pressed anchovies (*stolephorus* sp.) and it's quality evaluation during storage. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 50: 6, 1172-1178. doi:10.1007/s13197-011-0450-9

- Soetan K. O., Olaiya C. O. and Oyewole O. E. 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4: 5, 200-222.
- Sun Y. F., Liang Z. S., Shan C. J., Viernstein H. and Unger F. 2011. Comprehensive evaluation of natural antioxidants and antioxidant potentials in *Ziziphus jujuba* Mill. var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chou fruits based on geographical origin by TOPSIS method. *Food Chemistry*, 124: 4, 1612-1619. doi:10.1016/j.foodchem.2010.08.026
- Şanlıer N. and Bolluk S. 2014. Çölyak Hastalığının Önlenmesinde Bebek Beslenmesinin Önemi. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5: 1, 15-19.
- Takiguchi A. 1996. Changes in free amino acid composition caused by lipid oxidation in pulverized niboshi (boiled and dried anchovy) during storage. *Fisheries Science*, 62: 2, 240-245.
- Tanakol R., Yazici Z., Sener E. and Sencer E. 1999. Fatty acid composition of 19 species of fish from the Black Sea and the Marmara Sea. *Lipids*, 34: 3, 291-297. doi:10.1007/s11745-999-0366-8
- Tas A. A. and El S. N. 2000. Determination of nutritionally important starch fractions of some Turkish breads. *Food Chemistry*, 70: 4, 493-497. doi:10.1016/S0308-8146(99)00272-1
- Teramura H., Ushiyama M. and Ogihara H. 2015. Evaluation of a novel dry sheet culture method (Sanita-kun(R)) for rapid enumeration of yeasts and molds in foods. *Journal of Microbiological Methods*, 109, 16-19. doi:10.1016/j.mimet.2014.11.017
- Thompson T., Dennis M., Higgins L. A., Lee A. R. and Sharrett M. K. 2005. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 18: 3, 163-169. doi:10.1111/j.1365-277X.2005.00607.x
- Tokur B. 2007. The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Science and Technology*, 42: 7, 874-879. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01298.x
- Tomac A., Cova M. C., Narvaiz P. and Yeannes M. I. 2015. Texture, color, lipid oxidation and sensory acceptability of gamma-irradiated marinated anchovy fillets. *Radiation Physics and Chemistry*, 106, 337-342. doi:10.1016/j.radphyschem.2014.08.010
- Tomac A. and Yeannes M. I. 2015. Quality Changes in Gamma Irradiated Marinades of Anchovy (*Engraulis anchoita*) During Refrigerated Storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24: 7, 686-697. doi:10.1080/10498850.2013.806623

- Toufeili I., Dagher S., Shadarevian S., Nouredine A., Sarakbi M. and Farran M. T. 1994. Formulation of Gluten-Free Pocket-Type Flat Breads - Optimization of Methylcellulose, Gum-Arabic, and Egg-Albumin Levels by Response-Surface Methodology. *Cereal Chemistry*, 71: 6, 594-601.
- Tufan B., Koral S. and Kose S. 2011. Changes during fishing season in the fat content and fatty acid profile of edible muscle, liver and gonads of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) caught in the Turkish Black Sea. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 4, 800-810. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02562.x
- Turabi E., Sumnu G. and Sahin S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22: 2, 305-312. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.11.016
- Turan H., Kaya Y. and Erkoyuncu I. 2007. Protein and lipid content and fatty acid composition of anchovy meal produced in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 31: 2, 113-117.
- Turhan S., Sagir I. and Temiz H. 2009. Oxidative stability of brined anchovies (*Engraulis encrasicolus*) with plant extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 2, 386-393. doi:10.1111/j.13652621.2008.01777.x
- Turhan S., Ustun N. S. and Altunkaynak T. B. 2004. Effect of cooking methods on total and heme iron contents of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Food Chemistry*, 88: 2, 169-172.
- Turhan S., Ustun N. S. and Temiz H. 2011. Lipid Quality of Anchovy (*Engraulis Encrasicolus*) Fillets Affected by Different Cooking Methods. *International Journal of Food Properties*, 14: 6, 1358-1365. doi:10.1080/10942911003672159
- Turkkan A. U., Cakli S. and Kilinc B. 2008. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing*, 86: C3, 163-166. doi:10.1016/j.fbp.2007.10.004
- Türksoy S. and Özkaya B. 2006. Gluten ve Çölyak Hastalığı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bildiri Özetleri Kitabı, 807-810, Bolu, Türkiye:*
- Uran H. and Gokoglu N. 2014. Effects of cooking methods and temperatures on nutritional and quality characteristics of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 51: 4, 722-728. doi:10.1007/s13197-011-0551-5
- USEPA. 1994. U.S. Environmental Protection Agency. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils, Method 3051A. U.S. Government Printing Office, Washington, DC, USA.
- Ustun G., Guner S., Arer G., Turkay S. and Erciyes A. T. 1997. Enzymatic hydrolysis of anchovy oil: Production of glycerides enriched in

- polyunsaturated fatty acids. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 68: 3, 171-186.
- Uyanıkoğlu A., Coşkun M., Binici D. N. and Öztürk Y. 2013. Erzurum ve çevresinde erişkin popülasyonunda endoskopik çölyak (gluten) hastalığı sıklığı. *Akademik Gastroenteroloji Dergisi*, 12: 1, 13-16.
- Üstün N. Ş. and Turhan S. 1997. Farklı boylardaki hamsilerin (*Engraulis encrasicolus*) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin avlanma süresince değişimi. *Gıda*, 22: 4, 295-299.
- Varlık C., Uğur M., Gökoğlu N. and Gün H. 1993. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:17, İstanbul.:
- Vimaladevi S., Panda S. K., Xavier K. A. M. and Bindu J. 2015. Packaging performance of organic acid incorporated chitosan films on dried anchovy (*Stolephorus indicus*). *Carbohydrate Polymers*, 127, 189-194. doi:10.1016/j.carbpol.2015.03.065
- Vulicevic I. R., Abdel-Aal E. S. M., Mittal G. S. and Lu X. 2004. Quality and storage life of par-baked frozen breads. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, 37: 2, 205-213. doi:10.1016/j.lwt.2003.07.006
- Waliszewski K., Estrada Y. and Pardio V. 2004. Sensory properties changes of fortified nixtamalized corn flour with lysine and tryptophan during storage. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59: 2, 51-54. doi:10.1007/s11130-004-0018-1
- Wang S. S., Liang D. L., Wang D., Wei W., Fu D. D. and Lin Z. Q. 2012. Selenium fractionation and speciation in agriculture soils and accumulation in corn (*Zea mays* L.) under field conditions in Shaanxi Province, China. *Science of the Total Environment*, 427, 159-164. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.03.091
- Wilkinson A. L., Sun Q., Senecal A. and Faustman C. 2001. Antioxidant effects on TBARS and fluorescence measurements in freeze-dried meats. *Journal of Food Science*, 66: 1, 20-24.
- Witczak M., Juszczak L., Ziobro R. and Korus J. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part I: Rheological and thermal properties of gluten-free dough. *Food Hydrocolloids*, 28: 2, 353-360.
- Yamashita Y., Amlund H., Suzuki T., Hara T., Hossain M. A., Yabu T., . . . Yamashita M. 2011. Selenoneine, total selenium, and total mercury content in the muscle of fishes. *Fisheries Science*, 77: 4, 679-686. doi:10.1007/s12562-011-0360-9
- Yerlikaya P., Gokoglu N. and Uran H. 2005. Quality changes of fish patties produced from anchovy during refrigerated storage. *European Food Research and Technology*, 220: 3-4, 287-291. doi:10.1007/s00217-004-1035-x
- Zambrano F., Despinoy P., Ormenese R. C. S. C. and Faria E. V. 2004. The use of guar and xanthan gums in the production of 'light' low fat cakes. *International*

Journal of Food Science and Technology, 39: 9, 959-966. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.00864.x

Zhu J. M., Wang N., Li S., Li L., Su H. and Liu C. X. 2008. Distribution and transport of selenium in Yutangba, China: Impact of human activities. *Science of the Total Environment*, 392: 2-3, 252-261. doi:10.1016/j.scitotenv.2007.12.019

Zotos A., Kotaras A. and Mikras E. 2013. Effect of baking of sardine (*Sardina pilchardus*) and frying of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in olive and sunflower oil on their quality. *Food Science and Technology International*, 19: 1, 11-23. doi:10.1177/1082013212442179



EKLER

EK 1. Hamsi örneklerinin kurutulması ve un haline getirilmesine ait görseller

EK 2. HME üretimine ve örneklere ait görseller

EK 3. Tekstür profili analizine ait görseller

EK 4. Yağ asidi metil esteri standartlarına ait kromatogram

EK 5. Aminoasit standartlarına ait kromatogram

EK 6. Duyusal analiz değerlendirme formu

EK 7. Depolanan örneklerin duyusal analiz değerlendirme formu



EK 1. Hamsi örneklerinin kurutulması ve un haline getirilmesine ait görseller



Şekil EK 1.1. Taze hamsi filetoları



Şekil EK 1.2. Kurutulmuş hamsi filetoları

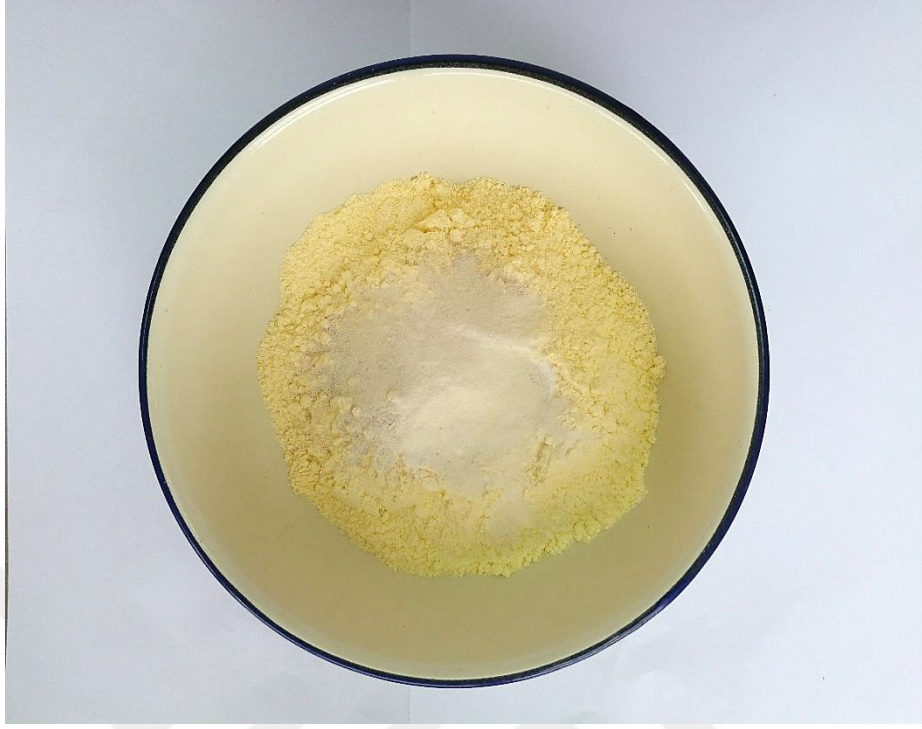


Şekil EK 1.3. Hamsi unu-1



Şekil EK 1.4. Hamsi unu-2

EK 2. HME üretimine ve örneklerle ait görseller



Şekil EK 2.1. Hamsi unu içermeyen ekmek karışımı



Şekil EK 2.2. Hamsi unu ve sebze içeren karışım



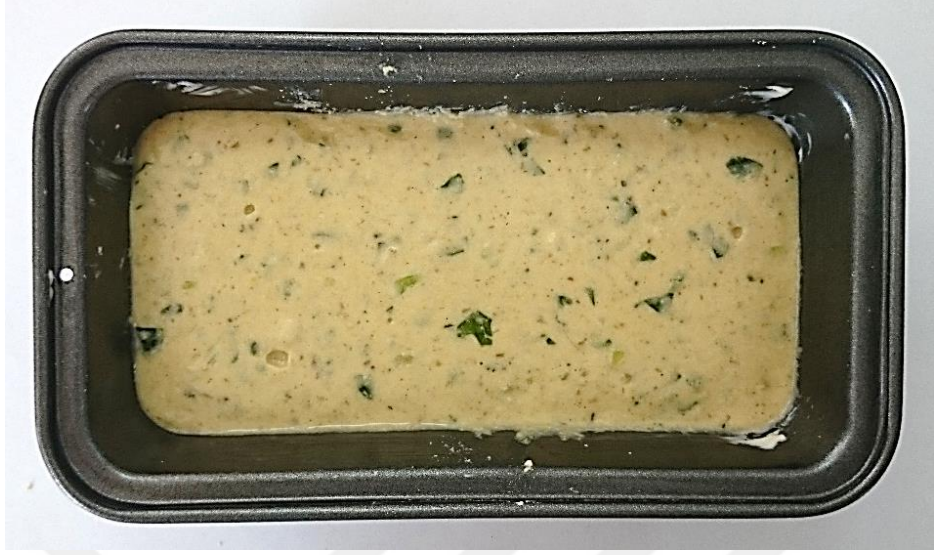
Şekil EK 2.3. Ekmek yoğurma



Şekil EK 2.4. Fermantasyondan sonraki H0-G0 hamuru



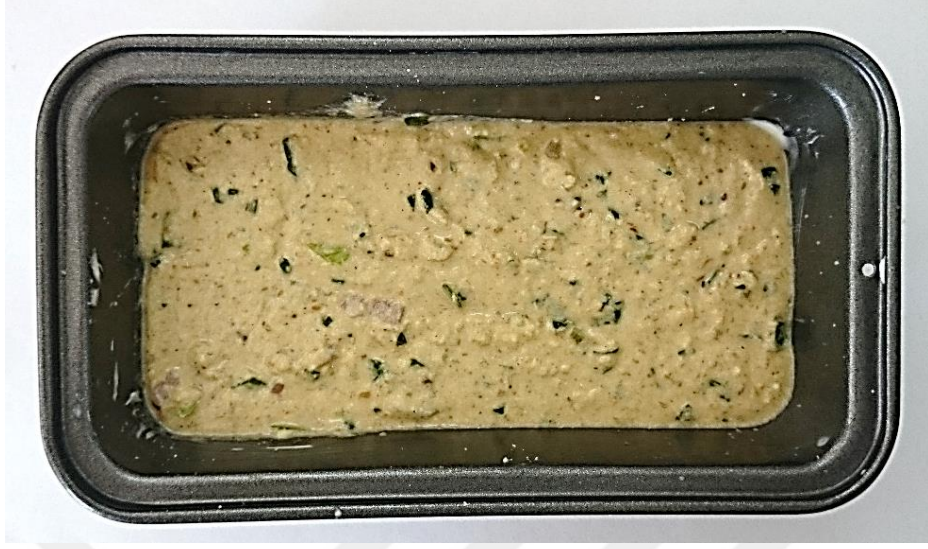
Şekil EK 2.5. Fermantasyondan sonraki H0-G1.5 hamuru



Şekil EK 2.6. Fermantasyondan sonraki H10-G0 hamuru



Şekil EK 2.7. Fermantasyondan sonraki H10-G1.5 hamuru



Şekil EK 2.8. Fermantasyondan sonraki H20-G0 hamuru



Şekil EK 2.9. Fermantasyondan sonraki H20-G1.5 hamuru



Şekil EK 2.10. Fermantasyondan sonraki H30-G0 hamuru



Şekil EK 2.11. Fermantasyondan sonraki H30-G1.5 hamuru



Şekil EK 2.12. Fermantasyondan sonraki H40-G0 hamuru



Şekil EK 2.13. Fermantasyondan sonraki H40-G1.5 hamuru



Şekil EK 2.14. H0-G0 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.15. H0-G0 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.16. H0-G1.5 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.17. H0-G1.5 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.18. H10-G0 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.19. H10-G0 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.20. H10-G1.5 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.21. H10-G1.5 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.22. H20-G0 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.23. H20-G0 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.24. H20-G1.5 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.25. H20-G1.5 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.26. H30-G0 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.27. H30-G0 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.28. H30-G1.5 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.29. H30-G1.5 ekmeği (yandan)



Şekil EK 2.30. H40-G0 ekmeği (üstten)



Şekil EK 2.31. H40-G0 ekmeği (yandan)

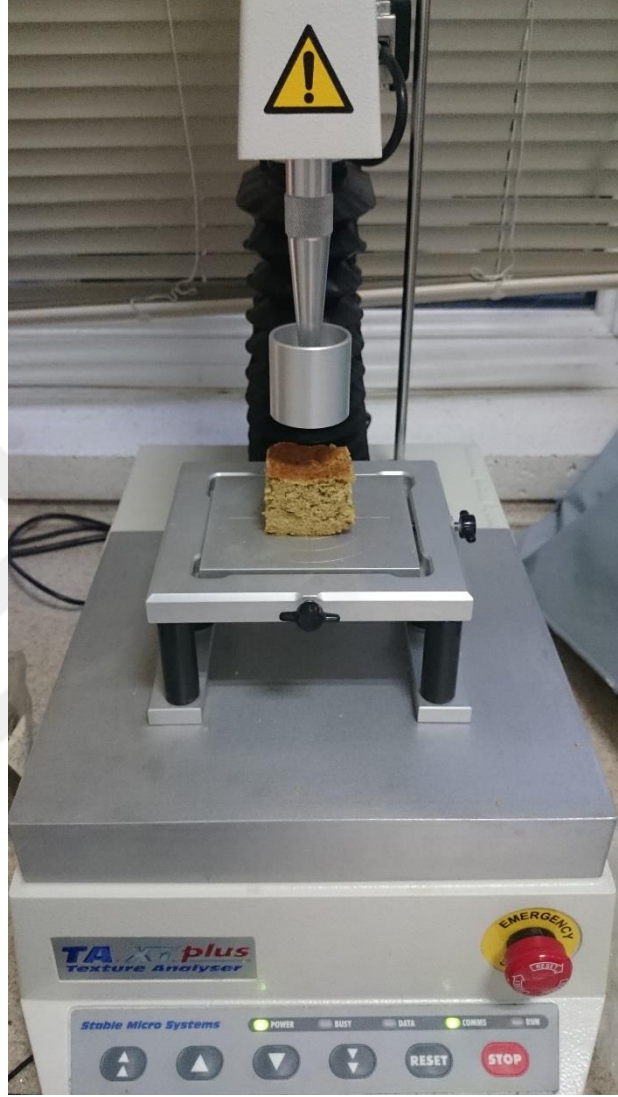


Şekil EK 2.32. H40-G1.5 ekmeği (üstten)

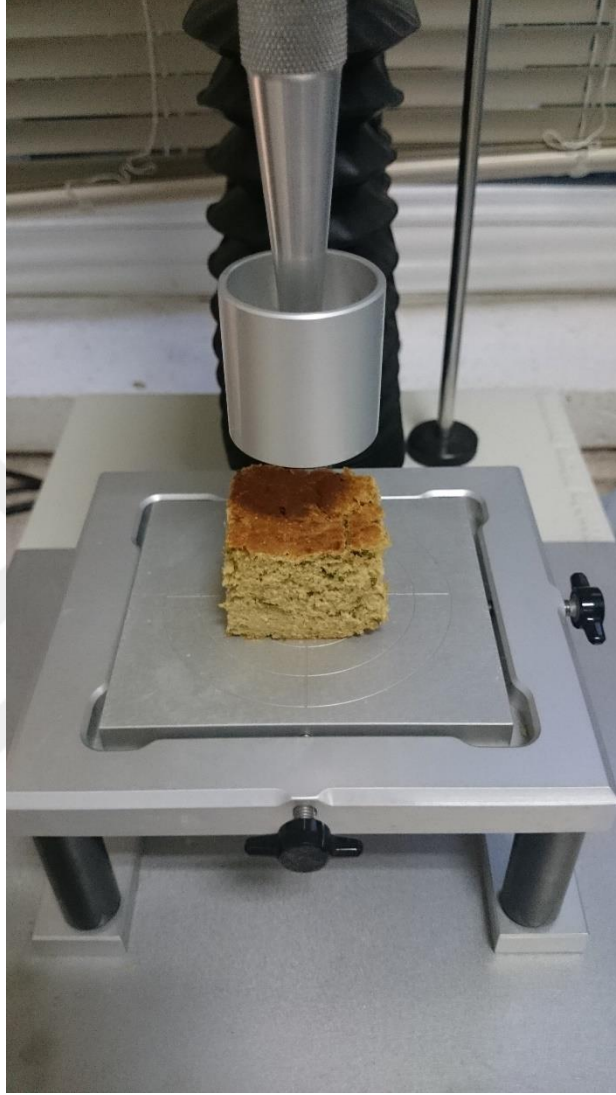


Şekil EK 2.33. H40-G1.5 ekmeği (yandan)

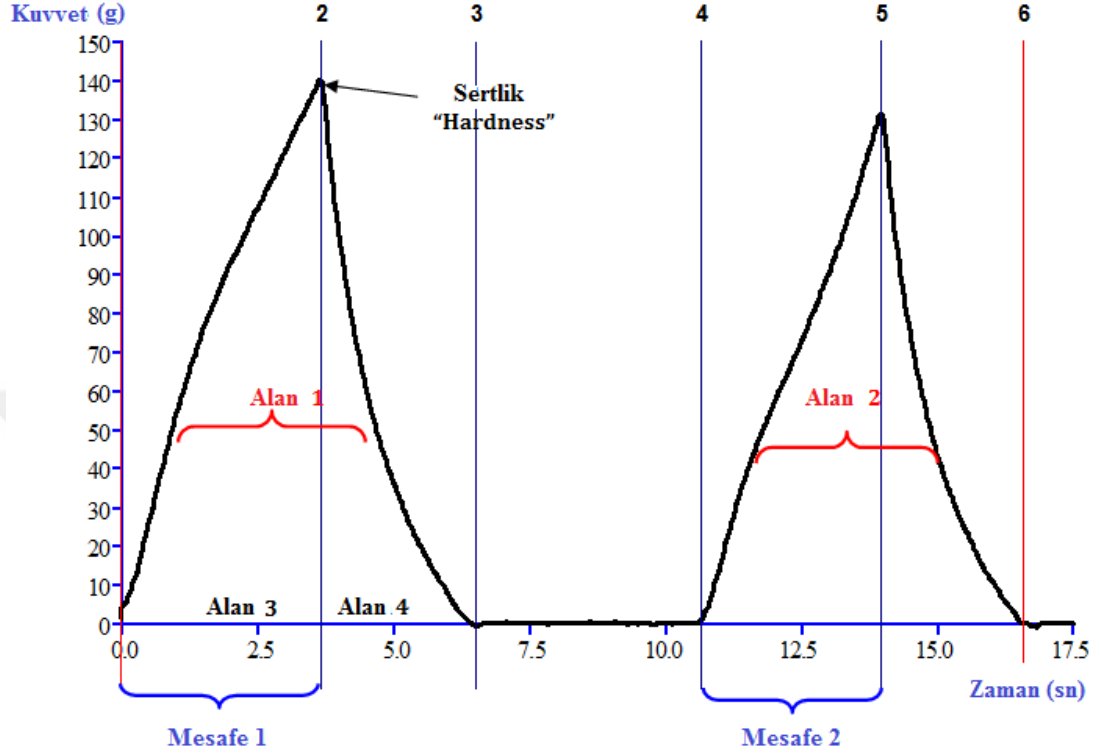
EK 3. Tekstür profili analizine ait görseller



Şekil EK 3.1. Tekstür profili analizi-1

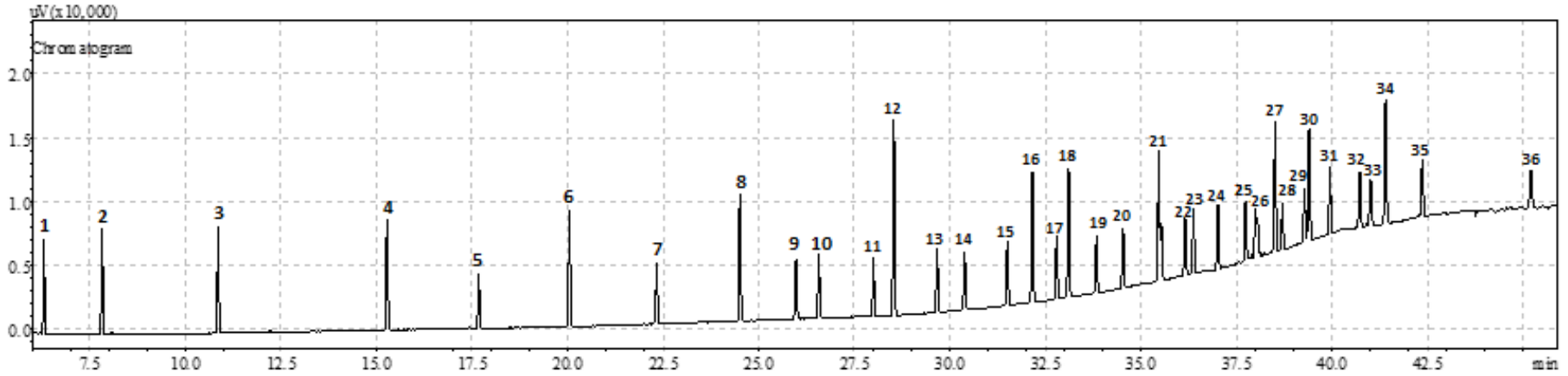


Şekil EK 3.2. Tekstür profili analizi-2



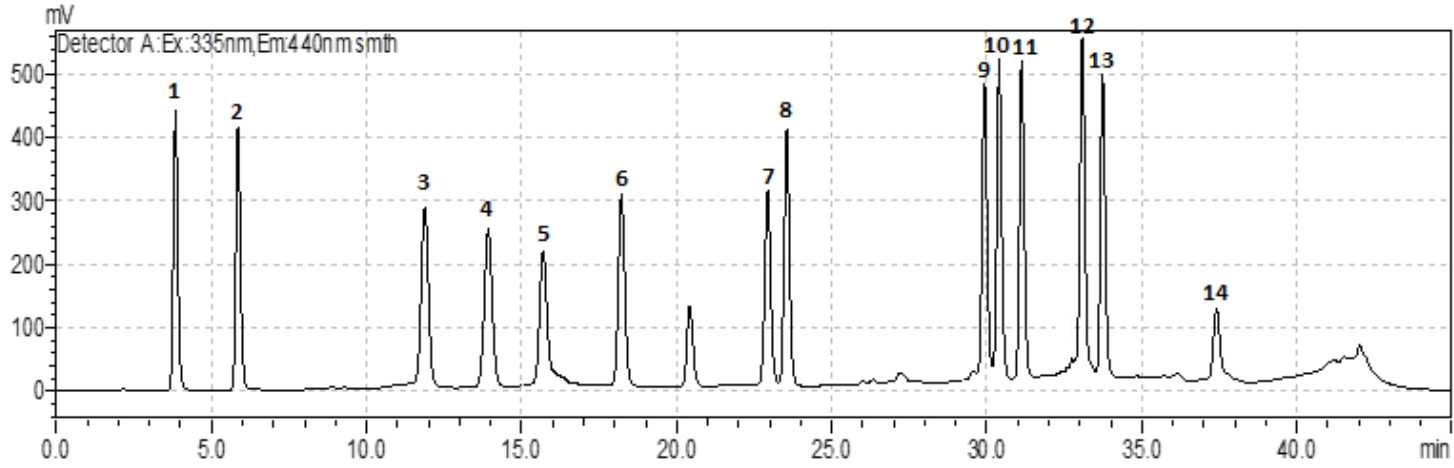
Şekil EK 3.3. Tekstür profili analizi grafiği. Elastikiyet (Springiness): Mesafe 2 / Mesafe 1, İç yapışkanlık (Cohesiveness): Alan 2 / Alan 1, Çiğnenebilirlik (Chewiness): Sertlik x esneklik x iç yapışkanlık, Şeklini geri kazanma (Resilience): Alan 4 / Alan 3.

EK 4. Yağ asidi metil esteri standartlarına ait kromatogram

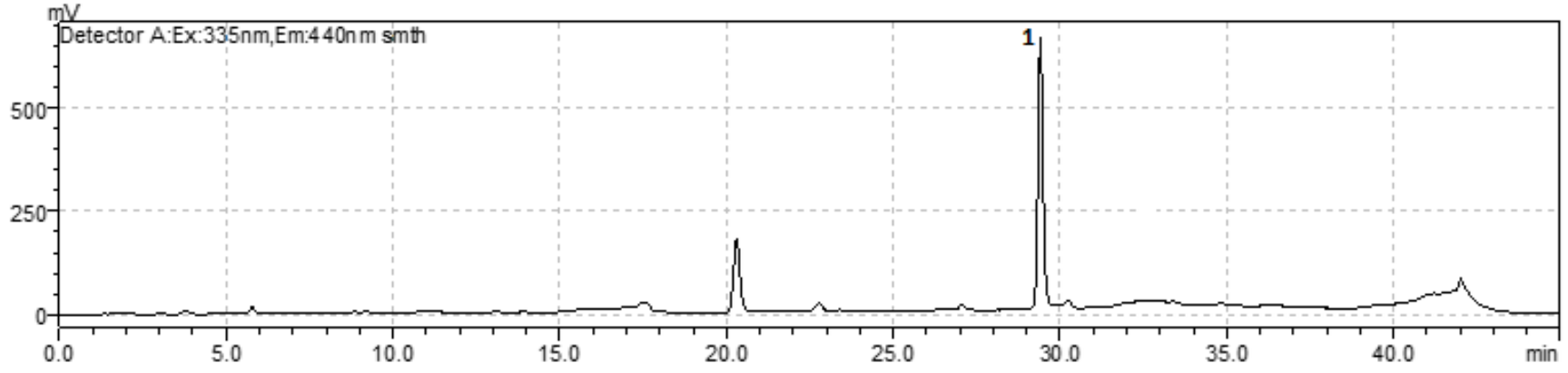


Şekil EK 4.1. Yağ asidi metil esteri standartlarına ait kromatogram, 1: (C4:0), 2: (C6:0), 3: (C8:0), 4: (C10:0), 5: (C11:0), 6: (C12:0), 7: (C13:0), 8: (C14:0), 9: (C14:1), 10: (C15:0), 11: (C15:1), 12: (C16:0), 13: (C16:1), 14: (C17:0), 15: (C17:1), 16: (C18:0), 17: (C18:1n9t), 18: (C18:1n9c), 19: (C18:2n6t), 20: (C18:2n6c), 21: (C20:0), 22: (C18:3n6), 23: (C20:1), 24: (C18:3n6), 25: (C21:0), 26: (C20:2), 27: (C22:0), 28: (C20:3n6), 29: (C22:1n9), 30: (C20:3n3), 31: (C20:4n6), 32: (C23:0), 33: (C22:2), 34: (C24:0), 35: (C20:5n3), 36: (C22:6n3)

EK 5. Aminoasit standartlarına ait kromatogram



Şekil EK 5.1. Aminoasit standartlarına ait kromatogram, 1: Aspartik asit, 2: Glutamik asit, 3: Serin, 4: Histidin, 5: Glisin, 6: Treonin, 7: Alanin, 8: Tirozin, 9: Metiyonin, 10: Valin, 11: Fenilalanin, 12: İzolösin, 13: Lösin, 14: Lisin.



Şekil EK 5.2. Triptofan aminoasidi standardına ait kromatogram, 1: Triptofan.

EK 6. Duyusal analiz değerlendirme formu

Çizelge EK 6.1. Duyusal analiz değerlendirme formu

ÖZELLİKLER	Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ŞEKİL SİMETRİ (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Düzensiz yüzey ve kenar yapısı										
	Çukurlu ve eğimli yapı										
	Kabukları patlamış										
	Basık yapı										
	Diğer										
KABUK RENGİ (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Anormal renk										
	Çok koyu renk										
	Çok açık renk										
	Düzensiz renk										
	Diğer										
İÇ RENGİ (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Anormal renk										
	Çok koyu renk										
	Çok açık renk										
	Düzensiz renk										
	Diğer										
KOKU (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Asit-ekşi koku										
	Yabancı koku										
	Yoğun balık kokusu										
	Diğer										
GÖZENEK (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Gözenek yapısı düzensiz										
	Büyük delikler mevcut										
	Diğer										

Çizelge EK 6.1. Duyusal analiz değerlendirme formu (devam)

ÖZELLİKLER	Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TEKSTÜR (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Yapı pürüzlü										
	Yapı kaba										
	Esnek değil										
	Yapışkan ve topaklı										
	Diğer										
TAT (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Yabancı tat										
	Ekşi tat										
	Yavan Tat										
	Acı Tat										
	Yoğun balık tadı										
	Yoğun sebze tadı										
	Diğer										
ÇİĞNEME (Tam puan 10)	Puan										
Algılanan Kusurlar	Çok kuru										
	Elastik değil										
	Homojen olmayan yapı										
	Topaklaşma										
	Yapışkan										
	Diğer										
GENEL KABUL EDİLEBİLİRLİK (Tam puan 10)											

NOT: Vereceğiniz puanlar 4-3:az kusurlu veya 2-1:kusurlu sınırlarında ise sebebin algılanan hataların karşısına X işareti koyarak işaretleyiniz.

10-9:çok iyi

8-7:iyi

6-5:orta

4-3:az kusurlu

2-1:kusurlu

Ad-Soyad:

Tarih:

EK 7. Depolanan örneklerin duyuşal analiz değerlendirme formu

Çizelge EK 7.1. Depolanan örneklerin duyuşal analiz değerlendirme formu

ÖZELLİKLER	Örnek No	1	2	3	4
ŞEKİL SİMETRİ (Tam puan 10)	Puan				
Algılanan Kusurlar	Düzensiz yüzey ve kenar yapısı				
	Kabukları patlamış				
	Basık yapı				
	Diğer				
KABUK RENGİ (Tam puan 10)	Puan				
Algılanan Kusurlar	Anormal renk				
	Çok koyu renk				
	Çok açık renk				
	Diğer				
İÇ RENGİ (Tam puan 10)	Puan				
Algılanan Kusurlar	Anormal renk				
	Çok koyu renk				
	Çok açık renk				
	Diğer				
KOKU (Tam puan 10)	Puan				
Algılanan Kusurlar	Asit-ekşi koku				
	Yabancı koku				
	Yoğun balık kokusu				
	Diğer				
TEKSTÜR (Tam puan 10)	Puan				
Algılanan Kusurlar	Yapı pürüzlü				
	Yapı kaba				
	Yapışkan ve topaklı				
	Diğer				
TAT (Tam puan 10)	Puan				
Algılanan Kusurlar	Bozuk tat				
	Yavan Tat				
	Acı Tat				
	Yoğun balık tadı				
	Diğer				
GENEL KABUL EDİLEBİLİRLİK (Tam puan 10)					

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Volkan Arif Yılmaz
Doğum Yeri : Erzurum
Doğum Tarihi : 16/07/1985
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise Erzurum Anadolu Lisesi (2003)
Lisans Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2008)
Yüksek Lisans Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (Şubat 2009-Şubat 2012)
Doktora Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (Şubat 2012-Aralık 2017)

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye Ocak 2010-Halen
The University of Milan, Department of Food, Enviromental and Nutritional Sciences, Milano, İtalya Mart 2014 - Eylül 2014