

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**LEVREK ETİNDEN ÜRETİLEN YENİDEN YAPILANDIRILMIŞ ÜRÜN  
OPTİMİZASYONU VE DONDURULMUŞ DEPOLAMA SÜRESİNCE KALİTE  
DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Fahrettin Gökhan Tokay**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

**KASIM 2020**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**LEVREK ETİNDEN ÜRETİLEN YENİDEN YAPILANDIRILMIŞ ÜRÜN  
OPTİMİZASYONU VE DONDURULMUŞ DEPOLAMA SÜRESİNCE KALİTE  
DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Fahrettin Gökhan Tokay**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

**KASIM 2020**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LEVREK ETİNDEN ÜRETİLEN YENİDEN YAPILANDIRILMIŞ ÜRÜN  
OPTİMİZASYONU VE DONDURULMUŞ DEPOLAMA SÜRESİNCE KALİTE  
DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Fahrettin Gökhan Tokay**  
**SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi  
tarafından “2005.03.0121.004” nolu proje ile desteklenmiştir.**

**KASIM 2020**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LEVREK ETİNDEN ÜRETİLEN YENİDEN YAPILANDIRILMIŞ ÜRÜN  
OPTİMİZASYONU VE DONDURULMUŞ DEPOLAMA SÜRESİNCE KALİTE  
DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Fahrettin Gökhan Tokay**  
**SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

Bu tez .../.../2020 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU (Danışman)

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Prof. Dr. Taçnur BAYGAR

Prof. Dr. Nuray ERKAN ÖZDEN

## ÖZET

# LEVREK ETİNDEN ÜRETİLEN YENİDEN YAPILANDIRILMIŞ ÜRÜN OPTİMİZASYONU VE DONDURULMUŞ DEPOLAMA SÜRESİNCE KALİTE DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Fahrettin Gökhun TOKAY

Doktora Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA

KEBAPÇIOĞLU Kasım 2020; 170 sayfa

Tez çalışmasında, farklı oranlarda mikrobiyal transglutaminaz enzimi (MTGaz), baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi parametreleri doğrultusunda balık etinin yeniden yapılandırılması optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. En başarılı yeniden yapılandırılmış balık eti ürünü tekrar üretilerek, dondurulmuş depolanması süresince kalite değişimleri takip edilmiştir. Araştırma materyali olarak levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus ,1758) kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci kısmında küçük parçalar haline getirilen levrek balıklarının eti MTGaz (%0, %0.16, %0.32), baskılama ağırlığı (0 gf/cm<sup>2</sup>, 2.54 gf/cm<sup>2</sup> ve 5.09 gf/cm<sup>2</sup>), yapılandırma süresi (4, 14, 24 saat) parametreleri kullanılarak Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilmiştir. Ürünlerin kalitelerinin belirlenmesi amacıyla çözünme kaybı, toplam serbest amino asit içeriği, sertlik değeri, pH değeri, mikrobiyolojik yük, su aktivitesi, mikroyapı, ısıl işlem sırasında meydana gelen değişimler, duyu analizler, boyutta sapma ve gözenek miktarı analizleri yapılmıştır. Seçilen parametreler doğrultusunda çözünme kaybı ve toplam serbest amino asit miktarının en az olduğu ve sertlik değerinin 850±30 N değerleri arasında bulunan ürüne ulaşmak hedeflenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığı-içermeyen örnekler ( $S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{12}$ : 24 saat 2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0) beklenen sonuçları vermezken, bu parametreleri birlikte içeren örneklerde ( $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_7 = S_8 = S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{14}$ : 24 saat 5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat 2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) istenen özellikler tespit edilmiştir. Ayrıca 14-24 saat aralığında yapılandırma süresine sahip örneklerin ön plana çıktığı gözlemlenmiştir. Bu veriler taramalı elektron mikroskopu ve duyu analizlerle de desteklenmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında optimum ürünün ( $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) belirlenerek üretim gerçekleştirilmiş ve 5 ay dondurulmuş (-18°C) depolanması süresince kalite değişimleri (çözünme kaybı, toplam serbest amino asit değeri, tekstür profil analizi, pH, TVB-N, totox değeri, renk değişimi, ısıl işlem sırasında meydana gelen değişimler, mikroyapı, duyu analiz, boyutta sapma, gözenek miktarı, su aktivitesi) incelenmiştir. Çalışmada pH ve TVB-N seviyeleri depolama süresince artış göstermiş olup, süre sonunda totox limit değeri olan 19.5 meq/kg seviyesinin altında

belirlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığının etkisiyle dokusu sıkılaştan ürünlerde boyutta sapma, gözenek miktarı, çözünme kaybı ve toplam serbest amino asit değeri düşük seviyelerde belirlenmiştir. Sertlik değeri hedeflenen “850±30 N” arasında tespit edilmiş, bu durum duyusal analiz ve mikroyapı sonuçlarına olumlu yansımıştır. Depolama süresi boyunca renk değerlerinde azalama tespit edilmiştir.

Yanıt Yüzey Metodu ile gerçekleştirilen üretimler sonucu  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 ile en optimum üretimin yapılabileceği diğer analizlerle de desteklenerek ortaya konulmuştur. Üretilen bu yeniden yapılandırılmış ürünün dondurulmuş depolanması sürecinde gerçekleştirilen kalite değişim analizleri de bu ürünün 5 ay süresince kalitesini koruduğunu göstermektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:** MTGaz, Optimizasyon, Yanıt yüzey metodu, Yeniden yapılandırma.

**JÜRİ:** Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Prof. Dr. Taçnur BAYGAR

Prof. Dr. Nuray ERKAN ÖZDEN

## ABSTRACT

### OPTIMIZATION OF RESTRUCTURED SEABASS AND DETERMINATION OF QUALITY CHANGES DURING FROZEN STORAGE

Fahrettin Gökhan TOKAY

PhD Thesis in Faculty of Fisheries

Supervisor: Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

November 2020; 170 pages

In this study, fish meat was restructured and optimized in accordance with the parameters of MTGase, pressure weights and setting time. The most successful restructured fish meat product was reproduced and quality changes were followed during frozen storage. The European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) was used as the research material.

In the first part of study, fish meats were cut into small pieces and restructured according to Response Surface Method by using MTGase (0%, 0.16%, 0.32%), pressure weights (0 gf/cm<sup>2</sup>, 2.54 gf/cm<sup>2</sup> and 5.09 gf/cm<sup>2</sup>), setting time (4, 14, 24 hours). Dripping loss, total free amino acid value, hardness value, pH, microbiological load, water activity, microstructure, changes during heat treatment-cooking yield, sensory analysis, deviation in sample size and pore size analyzes were performed to determine the quality of the samples. In line with the selected parameters, it is aimed to reach the product with the lowest dripping loss and total free amino acid content and with a hardness value between 850±30 N. According to all analyzes, samples without MTGase and pressure weights had inefficient results (*S*<sub>1</sub>: 4H-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, *S*<sub>5</sub>: 14H-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0, *S*<sub>6</sub>: 14H-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0, *S*<sub>12</sub>: 24 H-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0). However good values observed for MTGase and pressure weight combination (*S*<sub>3</sub>: 4H-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-0.16%, *S*<sub>4</sub>: 4H-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-0.32%, *S*<sub>7</sub> = *S*<sub>8</sub> = *S*<sub>9</sub>: 14H-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-0.16%, *S*<sub>11</sub>: 14H-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-0.32%, *S*<sub>14</sub>: 24H-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-0.16%, *S*<sub>15</sub>: 24H-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-0.32%). In addition, it was observed that samples with a configuration time of 14-24 hours came to the fore. These data were also supported by scanning electron microscopy and sensory analysis.

In the second part of the study, the optimum product (*S*<sub>16</sub>: 17.5H-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-0.32%) was determined and the production was carried out and the quality changes (dripping loss, total free amino acid value, texture profile, pH, TVB-N, tottox value, color change, changes during heat treatment, microstructure, sensory analysis, size deviation, pore amount, water activity) were determined during frozen storage (-18°C) for 5 months. In the study, pH and TVB-N levels increased during storage and at the end of the period the tottox value was determined below the acceptable limit of 19.5 meq/kg. Dimensional deviation, amount of pores, dripping loss and total free amino acid values were determined at low levels in the products whose texture was tightened by the effect of MTGase and suppression weight. The hardness value was determined between the targeted “850±30N”, which reflected positively on the sensory analysis and

microstructure results. A decrease in color values had been detected during the storage period.

As a result of the productions carried out by the Response Surface Method, it is supported by other analyzes that the optimum production can be made with  $S_{16}$ : 17.5H-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-0.32%. Quality analysis shows that the restructured optimum product maintains its quality for 5 months.

**KEYWORDS:** MTGase, Optimization, Response surface method, Restructuring

**COMITTEE:** Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Prof. Dr. Taçnur BAYGAR

Prof. Dr. Nuray ERKAN ÖZDEN

## ÖNSÖZ

Gıda maddelerinin içeriklerinde en az düzeyde katkı maddesi bulunması, sağlığa faydalı olması, hızla akan hayat temposuna ayak uydurabilmesi amacıyla tüketime hazır gıdalar günden güne tüketiciler tarafından tercih edilir hale gelmektedir. Yeterli ve dengeli beslenmenin vazgeçilmez unsurlarından olan su ürünleri içeriklerinde bulunan protein, yağ, su ve mineraller ile yüksek düzeyde besleyici oldukları kadar kısa raf ömrüne de sahiptirler. Gıda işleme yöntemlerinden bir tanesi olarak son süreçte yaygınlaşan yeniden yapılandırma çalışmaları su ürünlerine de uygulanabilmektedir. Bu amaçla amino asitler arasında çapraz bağlanmalar gerçekleştirerek ürüne form verilmesine katkı sağlayan ve doğal olarak mikroorganizmalardan elde edilen MTGaz kullanılabilmektedir.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve süre parametreleri kullanılarak balık etinin yeniden yapılandırılması ele alınmış ve en uygun parametrenin belirlenmesi ile üretim gerçekleştirilmiştir. Üretilen bu yeniden yapılandırılmış ürün dondurulmuş ve dondurulmuş depolanması süresince kalite değişimleri takip edilmiştir. Su ürünlerinin yeniden yapılandırılarak istenen formun verilmesi, küçük parçalar halinde bile olsa balık etlerinin değerlendirilerek tüketimimize dahil edilmesi, tüketime hazır gıda endüstrisine alternatif bir ürün kazandırılması imkanları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Doktora tezim boyunca desteğini esirgemeyen başta değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Pınar Yerlikaya Kebapçioğlu'na (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Sayın Prof. Dr. Nalan Gökoğlu'na (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Sayın Prof. Dr. Ahmet Küçükçetin'e (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Sayın Doç. Dr. Osman Kadir Topuz'a (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Alican Alp ve Berru Nur Etli'ye, Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ndeki tüm akademisyenlere ve beni destekleyen aileme teşekkür ederim. Araştırmayı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonu yetkili ve çalışanlarına teşekkür ederim. Bu tez "2005.03.0121.004" proje numarası ile Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET.....                                                                                                      | i     |
| ABSTRACT.....                                                                                                  | iii   |
| ÖNSÖZ .....                                                                                                    | v     |
| AKADEMİK BEYAN .....                                                                                           | viii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                                                   | ix    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                           | xii   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                                        | xviii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                 | 1     |
| 2. KAYNAK TARAMASI .....                                                                                       | 4     |
| 2.1. Yeniden Yapılandırma Teknolojisi ve MTGaz Enziminin Su Ürünlerinde<br>Kullanımına Yönelik Çalışmalar..... | 4     |
| 2.2. Çeşitli Et Ürünlerinin Yeniden Yapılandırılmasına Yönelik Çalışmalar.....                                 | 10    |
| 2.3. Su Ürünlerinin Yeniden Yapılandırılmasına Yönelik Çalışmalar .....                                        | 11    |
| 3. MATERYAL VE METOD .....                                                                                     | 20    |
| 3.1. Materyal .....                                                                                            | 20    |
| 3.2. Metod .....                                                                                               | 20    |
| 3.2.1. Balık etlerinin yeniden yapılandırılması .....                                                          | 20    |
| 3.2.2. Analizler .....                                                                                         | 23    |
| 3.2.2.1. pH ölçümü.....                                                                                        | 23    |
| 3.2.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini .....                                                          | 23    |
| 3.2.2.3. Totox değeri .....                                                                                    | 23    |
| 3.2.2.4. Toplam serbest amino asit tayini.....                                                                 | 24    |
| 3.2.2.5. Su aktivitesi analizi .....                                                                           | 24    |
| 3.2.2.6. Toplam psikrofilik ve mezofilik bakteri sayımı.....                                                   | 24    |
| 3.2.2.7. Çözünme kaybı analizi.....                                                                            | 25    |
| 3.2.2.8. Renk ölçümleri .....                                                                                  | 25    |
| 3.2.2.9. Duyusal analizler.....                                                                                | 25    |
| 3.2.2.10. Tekstür profil analizi .....                                                                         | 27    |
| 3.2.2.11. Gözenek ve boyut ölçümleri .....                                                                     | 27    |
| 3.2.2.12. Taramalı elektron mikroskobu analizi .....                                                           | 28    |
| 3.2.2.13. Isıl işlem sonrası ürünlerde meydana gelen değişimler .....                                          | 29    |
| 3.2.2.14. İstatistiksel değerlendirme .....                                                                    | 30    |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                                  | 31    |
| 4.1. Yanıt Yüzey Metodu ile Üretilen Örneklere Ait Bulgular.....                                               | 31    |
| 4.1.1. Çözünme kaybı bulguları .....                                                                           | 31    |
| 4.1.2. Toplam serbest amino asit bulguları .....                                                               | 38    |
| 4.1.3. Toplam sertlik değeri analizi.....                                                                      | 45    |
| 4.1.4. Boyut ve gözenek taraması bulguları .....                                                               | 53    |
| 4.1.4.1. Boyut taraması bulguları .....                                                                        | 55    |
| 4.1.4.2. Gözenek taraması bulguları.....                                                                       | 57    |
| 4.1.5. pH bulguları .....                                                                                      | 60    |
| 4.1.6. Mikrobiyolojik analiz bulguları .....                                                                   | 64    |
| 4.1.6.1. Toplam psikrofilik aerob bakteri (TPAB) bulguları .....                                               | 64    |
| 4.1.6.2. Toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) bulguları .....                                                 | 68    |
| 4.1.7. Su aktivitesi bulguları .....                                                                           | 71    |
| 4.1.8. Duyusal analiz bulguları .....                                                                          | 74    |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.8.1. Görünüş bulguları.....                                                           | 74  |
| 4.1.8.2. Koku bulguları .....                                                             | 77  |
| 4.1.8.3. Lezzet bulguları.....                                                            | 80  |
| 4.1.8.4. Tekstür değerlendirme bulguları .....                                            | 82  |
| 4.1.9. Taramalı elektron mikroskobu bulguları.....                                        | 85  |
| 4.1.10. Tahmini ve deneysel sonuçların kıyaslanması .....                                 | 93  |
| 4.1.11. Isıl işlem sonrası değişim bulguları .....                                        | 95  |
| 4.1.11.1. Tüm örneklerle ait ısıt işlem sonrası ağırlık değişim bulguları.....            | 95  |
| 4.1.11.2. Tüm örneklerle ait ısıt işlem sonrası çap değişimi bulguları .....              | 98  |
| 4.1.11.3. Tüm örneklerle ait ısıt işlem sonrası kalınlık değişimi bulguları.....          | 100 |
| 4.2. Yeniden Yapılandırılmış Ürünün Depolanması.....                                      | 103 |
| 4.2.1. Depolama süresince ortaya çıkan taramalı elektron mikroskobu bulguları             | 103 |
| 4.2.2. Depolama süresince ortaya çıkan çözünme kaybı bulguları .....                      | 104 |
| 4.2.3. Depolama süresince ortaya çıkan toplam serbest amino asit bulguları.....           | 107 |
| 4.2.4. Depolama süresince ortaya çıkan tekstür profil analizi bulguları.....              | 109 |
| 4.2.5. Depolama süresince ortaya çıkan boyut ve gözenek taraması bulguları.....           | 117 |
| 4.2.5.1. Depolama süresince ortaya çıkan boyut taraması bulguları.....                    | 117 |
| 4.2.5.2. Depolama süresince ortaya çıkan gözenek taraması bulguları .....                 | 118 |
| 4.2.6. pH sonuçları .....                                                                 | 120 |
| 4.2.7. Depolama süresince ortaya çıkan toplam uçucu bazik azot (TVB-N)<br>bulguları ..... | 122 |
| 4.2.8. Depolama süresince ortaya çıkan su aktivitesi bulguları .....                      | 125 |
| 4.2.9. Depolama süresince ortaya çıkan totox değerleri bulguları.....                     | 126 |
| 4.2.10. Depolama süresince ortaya çıkan renk ölçümü bulguları .....                       | 130 |
| 4.2.10.1. Depolama süresince ortaya çıkan L* değeri bulguları.....                        | 131 |
| 4.2.10.2. Depolama süresince ortaya çıkan a* değeri bulguları.....                        | 134 |
| 4.2.10.3. Depolama süresince ortaya çıkan b* değeri bulguları .....                       | 137 |
| 4.2.11. Depolama süresince ortaya çıkan duyu analizi bulguları .....                      | 140 |
| 4.2.11.1. Depolama süresince ortaya çıkan görünüş değerleri bulguları .....               | 140 |
| 4.2.11.2. Depolama süresince ortaya çıkan koku değeri bulguları .....                     | 141 |
| 4.2.11.3. Depolama süresince ortaya çıkan lezzet değeri bulguları .....                   | 143 |
| 4.2.11.4. Depolama süresince ortaya çıkan duyu tekstür değerlendirmesi<br>bulguları ..... | 144 |
| 5.SONUÇLAR .....                                                                          | 147 |
| 6.KAYNAKLAR .....                                                                         | 153 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                                                  |     |

## AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Levrek Etinden Üretilen Yeniden Yapılandırılmış Ürün Optimizasyonu Ve Dondurulmuş Depolama Süresince Kallite Değişimlerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

24/11/2020

Fahrettin Gökhan Tokay

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

**aw** :Su aktivitesi

**cm** :Santimetre

**dk** :Dakika

**g** :Gram

**gf/cm<sup>2</sup>** :Gramforce/santimetre kare

**kg** :Kilogram

**kJ** :Kilojöl

**kV** :Kilovolt

**M** :Molar

**meq** :Miliekivalan

**mg** :Miligram

**ml** :Mililitre

**cm** :Santimetre

**N** :Newton

**nm** :Nanometre

**g.s** :Gram.saniye

**R<sup>2</sup>** :Regresyon katsayısı

**sn** :Saniye

**U** :Unit, birim

**%** :Yüzde

**%C.V.** :Varyasyon katsayısı

**°C** :Celsius sıcaklık derecesi

**λ** :Lamda

**.** : Tez içerisinde ondalık ayırıcı olarak (nokta) kullanılmıştır

### **Kısaltmalar**

|                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| <b>MTGaz</b>     | :Mikrobiyal Transglutaminaz enzimi  |
| <b>kob</b>       | :Koloni oluşturan birim             |
| <b>log</b>       | :Logaritma                          |
| <b>TPA</b>       | :Tekstür profil analizi             |
| <b>SEM</b>       | :Taramalı elektron mikroskobu       |
| <b>SAS</b>       | :Statistical Analysis System        |
| <b>p-Av</b>      | :Para-anisidin                      |
| <b>PV</b>        | :Peroksit                           |
| <b>TOTOX</b>     | :Toplam oksidasyon değeri           |
| <b>TVB-N</b>     | :Toplam uçucu bazik azot            |
| <b>TPAB</b>      | :Toplam psikrofilik aerobik bakteri |
| <b>TMAB</b>      | :Toplam mezofilik aerobik bakteri   |
| <b>PCA</b>       | :Plate count agar                   |
| <b>FDA</b>       | :Gıda ve İlaç Kuruluşu              |
| <b>WHO</b>       | :Dünya Sağlık Örgütü                |
| <b>EU</b>        | :Avrupa Birliği                     |
| <b>p&lt;0.01</b> | :Yüzde birlik önem seviyesine göre  |
| <b>p&lt;0.05</b> | :Yüzde beşlik önem seviyesine göre  |
| <b>K.O.</b>      | :Kareler ortalaması                 |
| <b>S.D.</b>      | :Serbestlik derecesi                |
| <b>F</b>         | :Faktör                             |
| <b>ANOVA</b>     | :Varyans analizi                    |
| <b>F-Testi</b>   | :Fisher testi                       |
| <b>GRAS</b>      | :Generally recognized as safe       |
| <b>T.S.A.A.</b>  | :Toplam serbest amino asit          |

|               |                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EPA</b>    | :Eikosapentanoik asit                                                                           |
| <b>DHA</b>    | :Dokosaheksanoik asit                                                                           |
| <b>PUFA</b>   | :Polyunsaturated fatty acids                                                                    |
| <b>CRN</b>    | :Council for Responsible Nutrition                                                              |
| <b>RGB</b>    | :Red-green-blue                                                                                 |
| <b>CMYK</b>   | :Cyan-magenta-yellow-key                                                                        |
| <b>CIELAB</b> | :L*= karanlık (0) ila aydınlık (100) arası, a*= yeşil(-) ve kırmızı (+), b*= blue(-) ve sarı(+) |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Levrek balığı ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ),.....                                                                                             | 2  |
| Şekil 2.1. Transglutaminaz enzimi etkinliğinde çapraz bağlı proteinlerin transamidasyon reaksiyon katalizi .....                                           | 7  |
| Şekil 2.2. MTGaz tarafından katalizlenen reaksiyonlar: (A) Açıl-transfer reaksiyonu; (B) Çapraz bağlı lizin ve glutamin kalıntıları; (C) Deamidasyon ..... | 7  |
| Şekil 2.3. Transglutaminaz enziminin gıda endüstrisinde yeni özelliklere sahip materyaller oluşumu için kullanımı. ....                                    | 8  |
| Şekil 2.4. Mikrobiyal Transglutaminaz'ın gıda sektörü başta olmak üzere farklı sektörlerde kullanımı.....                                                  | 10 |
| Şekil 3.1. Yeniden yapılandırılmış balık etinin üretim akış şeması.....                                                                                    | 22 |
| Şekil 3.2. Yeniden yapılandırılmış balık eti üretimi .....                                                                                                 | 22 |
| Şekil 3.3. Tekstür profil analizi uygulaması .....                                                                                                         | 27 |
| Şekil 3.4. Yeniden yapılandırılmış balık eti ürünleri ve baskılama ağırlıklarına ait fotoğraflar.....                                                      | 28 |
| Şekil 3.5. Boyut ve gözenek ölçümlerinin bilgisayar yazılımı ile gerçekleştirilmesi.....                                                                   | 28 |
| Şekil 3.6. Taramalı elektron mikroskobu ve örneklerin altınla kaplanması .....                                                                             | 29 |
| Şekil 3.7. Bazı örneklerin ısıtılma sonrası görünüşleri.....                                                                                               | 29 |
| Şekil 4.1. Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin çözünme kaybı değerleri ....                                                                      | 33 |
| Şekil 4.2. Çözünme kaybının, sabit süre faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği .....                                                                    | 36 |
| Şekil 4.3. Çözünme kaybının, sabit ağırlık faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği .                                                                     | 37 |
| Şekil 4.4. Çözünme kaybının, sabit MTGaz faktörüyle üç boyutlu değişim grafiği .....                                                                       | 37 |
| Şekil 4.5. Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin toplam serbest amino asit değerleri.....                                                          | 40 |
| Şekil 4.6. Toplam serbest amino asit değerinin, sabit süre faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği .....                                                 | 43 |
| Şekil 4.7. Toplam serbest amino asit değerinin, sabit ağırlık faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği .....                                              | 44 |
| Şekil 4.8. Toplam serbest amino asit değerinin, sabit MTGaz faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği .....                                                | 44 |
| Şekil 4.9. Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin toplam sertlik değerleri .....                                                                    | 47 |
| Şekil 4.10. Sertlik değerinin, sabit süre faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği.....                                                                   | 51 |

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.11.</b> Sertlik değerinin, sabit ağırlık faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği...                                                    | 52 |
| <b>Şekil 4.12.</b> Sertlik değerinin, sabit MTGaz faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği.                                                        | 52 |
| <b>Şekil 4.13.</b> Üretimi gerçekleştirilen 15 serinin gözenek-boyut analizi için yazılım kullanılarak işlenmiş örnek teşkil eden fotoğrafları..... | 54 |
| <b>Şekil 4.14.</b> Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin boyutta sapma değerleri...                                                         | 56 |
| <b>Şekil 4.15.</b> Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin gözenek taraması değerleri.....                                                   | 60 |
| <b>Şekil 4.16.</b> Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin pH değerleri.....                                                                 | 62 |
| <b>Şekil 4.17.</b> Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin TPAB değerleri .....                                                              | 66 |
| <b>Şekil 4.18.</b> Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin gözenek taraması sonuçları .....                                                  | 69 |
| <b>Şekil 4.19.</b> Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin su aktivitesi bulguları .....                                                     | 73 |
| <b>Şekil 4.20.</b> Yanıt Yüzey Metodu ile üretilen örneklerin görünüş sonuçları .....                                                               | 76 |
| <b>Şekil 4.21.</b> Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin koku değerleri .....                                                              | 79 |
| <b>Şekil 4.22.</b> Yanıt Yüzey Metodu ile üretilen örneklerin lezzet sonuçları .....                                                                | 81 |
| <b>Şekil 4.23.</b> Yanıt Yüzey Metodu ile üretilen örneklerin tekstürel değerlendirme sonuçları .....                                               | 84 |
| <b>Şekil 4.24.</b> $S_1$ (4S-2.54 gf/cm <sup>2</sup> -%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                             | 85 |
| <b>Şekil 4.25.</b> $S_2$ (4S-0 gf/cm <sup>2</sup> -%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                             | 86 |
| <b>Şekil 4.26.</b> $S_3$ (4S-5.09 gf/cm <sup>2</sup> -%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                          | 86 |
| <b>Şekil 4.27.</b> $S_4$ (4S-2.54 gf/cm <sup>2</sup> -%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                          | 87 |
| <b>Şekil 4.28.</b> $S_5$ (14S-0 gf/cm <sup>2</sup> -%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                               | 87 |
| <b>Şekil 4.29.</b> $S_6$ (14S-5.09 gf/cm <sup>2</sup> -%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                            | 88 |
| <b>Şekil 4.30.</b> $S_7$ - $S_8$ - $S_9$ (14S-2.54 gf/cm <sup>2</sup> -%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları.....                          | 88 |
| <b>Şekil 4.31.</b> $S_{10}$ (14S-0 gf/cm <sup>2</sup> -%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                         | 89 |
| <b>Şekil 4.32.</b> $S_{11}$ (14S-5.09 gf/cm <sup>2</sup> -%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                      | 89 |
| <b>Şekil 4.33.</b> $S_{12}$ (24S-2.54 gf/cm <sup>2</sup> -%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                         | 90 |
| <b>Şekil 4.34.</b> $S_{13}$ (24S-0 gf/cm <sup>2</sup> -%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                         | 90 |
| <b>Şekil 4.35.</b> $S_{14}$ (24S-5.09 gf/cm <sup>2</sup> -%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                      | 91 |
| <b>Şekil 4.36.</b> $S_{15}$ (24S-2.54 gf/cm <sup>2</sup> -%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları .....                                      | 91 |
| <b>Şekil 4.37.</b> Tüm örneklerle ait ısıtıl işlem sonrası ağırlık değişimi bulguları .....                                                         | 97 |

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 4.38.</b> Tüm örneklerle ait ısıtıl işlem sonrası çap değişimi bulguları .....                                                    | 100 |
| <b>Şekil 4.39.</b> Tüm örneklerle ait ısıtıl işlem sonrası kalınlık değişimi bulguları .....                                               | 102 |
| <b>Şekil 4.40.</b> Optimum örneğe ait ( $S_{16}= 17.5S-3.56 \text{ gf/cm}^2$ -%0.32 MTGaz) depolama başlangıcı SEM görüntüleri.....        | 103 |
| <b>Şekil 4.41.</b> Optimum örneğe ait ( $S_{16}= 17.5S-3.56 \text{ gf/cm}^2$ -%0.32 MTGaz) depolama Sonucu SEM Görüntüleri.....            | 104 |
| <b>Şekil 4.42.</b> Çözünme kaybı değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri.....                                | 106 |
| <b>Şekil 4.43.</b> Toplam serbest amino asit değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri .....                   | 108 |
| <b>Şekil 4.44.</b> Sertlik, Adhezyon, Esneklik ve Kohezyon değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri .....     | 113 |
| <b>Şekil 4.45.</b> Elastikiyet, Sakızimsılık ve Çiğnenabilirlik değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimler ..... | 114 |
| <b>Şekil 4.46.</b> $S_{16}$ örneğinin depolama süresi boyunca boyut ve gözenek miktarındaki değişimlerin fotoğraflanması .....             | 117 |
| <b>Şekil 4.47.</b> Boyutta sapma değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri.....                                | 118 |
| <b>Şekil 4.48.</b> Gözenek değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri.....                                      | 120 |
| <b>Şekil 4.49.</b> pH değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri .....                                          | 121 |
| <b>Şekil 4.50.</b> TVB-N değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri.....                                        | 124 |
| <b>Şekil 4.51.</b> Su aktivitesi değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri.....                                | 126 |
| <b>Şekil 4.52.</b> Totox değerlerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri ..                                          | 128 |
| <b>Şekil 4.53.</b> $L^*$ değerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri.....                                           | 132 |
| <b>Şekil 4.54.</b> $a^*$ değerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri .....                                          | 136 |
| <b>Şekil 4.55.</b> $b^*$ değerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri .....                                          | 139 |
| <b>Şekil 4.56.</b> Görünüş değerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri ..                                           | 142 |
| <b>Şekil 4.57.</b> Koku değerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri .....                                           | 142 |
| <b>Şekil 4.58.</b> Lezzet değerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri.....                                          | 145 |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 4.59.</b> Duyusal tekstür değerinin $S_{16}$ örneği için depolama süresi boyunca değişimleri..... | 146 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 2.1.</b> Yeniden yapılandırılmış ürünlerin avantaj ve dezavantajları .....                                                                              | 5  |
| <b>Çizelge 2.2.</b> Yeniden yapılandırılmış su ürünlerinde MTGaz kullanımına yönelik çalışmalar .....                                                              | 18 |
| <b>Çizelge 3.1.</b> Box-Behnken Yanıt Yüzey Metodu üretim parametreleri.....                                                                                       | 20 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Box-Benkhen Yanıt Yüzey Metodu deneme deseni.....                                                                                              | 21 |
| <b>Çizelge 3.3.</b> Görünüş için duyu analizi değerlendirme parametreleri .....                                                                                    | 25 |
| <b>Çizelge 3.4.</b> Koku için duyu analizi değerlendirme parametreleri .....                                                                                       | 26 |
| <b>Çizelge 3.5.</b> Lezzet için duyu analizi değerlendirme parametreleri .....                                                                                     | 26 |
| <b>Çizelge 3.6.</b> Tekstür için duyu analizi değerlendirme parametreleri.....                                                                                     | 26 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin çözünme kaybı değerlerine ait... varyans analiz sonuçları .....                                       | 31 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin çözünme kaybı değerlerine ait..... Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....                      | 32 |
| <b>Çizelge 4.3.</b> Çözünme kaybı değeri varyans (ANOVA) analiz sonuçları .....                                                                                    | 35 |
| <b>Çizelge 4.4.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin toplam serbest amino asit..... değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....                         | 38 |
| <b>Çizelge 4.5.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin toplam serbest amino asit..... değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....          | 39 |
| <b>Çizelge 4.6.</b> Toplam serbest amino asit miktarı Varyans (ANOVA) analiz sonuçları...                                                                          | 42 |
| <b>Çizelge 4.7.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin sertlik değerlerine ait varyans..... analiz sonuçları.....                                            | 45 |
| <b>Çizelge 4.8.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin sertlik değerlerine ait Duncan..... Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                             | 46 |
| <b>Çizelge 4.9.</b> Toplam sertlik değeri varyans (ANOVA) analiz sonuçları .....                                                                                   | 50 |
| <b>Çizelge 4.10.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görüntüleme yazılımı ile boyutta.. sapma değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....                 | 55 |
| <b>Çizelge 4.11.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görüntüleme yazılımı ile boyutta sapma değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ..... | 55 |
| <b>Çizelge 4.12.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin gözenek değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....                                                | 57 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.13.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görüntüleme yazılımı ile.....         |    |
| ürünlerde meydana gelen gözenek değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi....             |    |
| sonuçları.....                                                                                   | 58 |
| <b>Çizelge 4.14.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin pH değerlerine ait varyans.....    |    |
| analiz sonuçları.....                                                                            | 61 |
| <b>Çizelge 4.15.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin pH değerlerine ait Duncan.....        |    |
| Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                         | 61 |
| <b>Çizelge 4.16.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin TPAB değerlerine ait varyans       |    |
| analiz sonuçları.....                                                                            | 64 |
| <b>Çizelge 4.17.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin TPAB değerlerine ait Duncan.....      |    |
| Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                         | 65 |
| <b>Çizelge 4.18.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin TMAB değerlerine ait varyans       |    |
| analiz sonuçları.....                                                                            | 68 |
| <b>Çizelge 4.19.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin TMAB değerlerine ait Duncan....       |    |
| Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                         | 68 |
| <b>Çizelge 4.20.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin su aktivitesi değerlerine ait..... |    |
| varyans analiz sonuçları.....                                                                    | 71 |
| <b>Çizelge 4.21.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin su aktivitesi değerlerine ait.....    |    |
| Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....                                                 | 71 |
| <b>Çizelge 4.22.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin görünüş değerlerine ait varyans    |    |
| analiz sonuçları.....                                                                            | 74 |
| <b>Çizelge 4.23.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görünüş değerlerine ait Duncan...     |    |
| Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                         | 75 |
| <b>Çizelge 4.24.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin koku değerlerine ait varyans....   |    |
| analiz sonuçları.....                                                                            | 77 |
| <b>Çizelge 4.25.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin koku değerlerine ait Duncan Çoklu     |    |
| Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                               | 78 |
| <b>Çizelge 4.26</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin lezzet değerlerine ait varyans....  |    |
| analiz sonuçları.....                                                                            | 80 |
| <b>Çizelge 4.27.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin lezzet değerlerine ait Duncan.....    |    |
| Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                         | 80 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.28.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin duysal değerlendirme.....            |     |
| açısından sahip oldukları tekstürel değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....                 | 82  |
| <b>Çizelge 4.29.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin tekstür değerlendirmelerine ait         |     |
| Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....                                                   | 83  |
| <b>Çizelge 4.30.</b> Optimum örneğin belirlenmesi için ortaya çıkan deneysel ve tahmini.....       |     |
| değerler.....                                                                                      | 94  |
| <b>Çizelge 4.31.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin ısı işlem sonrası.....               |     |
| ağırlıklarındaki değişime ait varyans analiz sonuçları .....                                       | 95  |
| <b>Çizelge 4.32.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin ısı işlem sonrası ağırlıklarında.....   |     |
| meydana gelen değişimlere ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                      | 96  |
| <b>Çizelge 4.33.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin ısı işlem sonrası çap.....           |     |
| değişimlerine ait varyans analiz sonuçları .....                                                   | 98  |
| <b>Çizelge 4.34.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin ısı işlem sonrası çap.....              |     |
| değişimlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                  | 99  |
| <b>Çizelge 4.35.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin ısı işlem sonrası.....               |     |
| kalınlıklarında meydana gelen ait varyans analiz sonuçları.....                                    | 101 |
| <b>Çizelge 4.36.</b> Yeniden yapılandırılmış levrek etinin ısı işlem sonrası kalınlıklarında.      |     |
| meydana gelen değişime ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....                         | 101 |
| <b>Çizelge 4.37.</b> $S_{16}$ örneği için çözünme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.  | 105 |
| <b>Çizelge 4.38.</b> $S_{16}$ örneği için çözünme kaybı değerlerine ait Duncan Çoklu.....          |     |
| Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                                 | 105 |
| <b>Çizelge 4.39.</b> $S_{16}$ örneği için toplam serbest amino asit değerlerine ait varyans analiz |     |
| sonuçları .....                                                                                    | 107 |
| <b>Çizelge 4.40.</b> $S_{16}$ örneği için toplam serbest amino asit değerlerine ait Duncan Çoklu   |     |
| Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                                 | 108 |
| <b>Çizelge 4.41.</b> $S_{16}$ örneği için tekstür profil analizi değerlerine ait Duncan Çoklu      |     |
| Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                                 | 111 |
| <b>Çizelge 4.42.</b> MTGaz ilaveli yeniden yapılandırılmış ürünlerin TPA bulguları .....           | 116 |
| <b>Çizelge 4.43.</b> $S_{16}$ örneği için boyut değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....     | 117 |
| <b>Çizelge 4.44.</b> $S_{16}$ örneği için boyutta sapma değerlerine ait Duncan Çoklu.....          |     |
| Karşılaştırma Testi sonuçları.....                                                                 | 118 |
| <b>Çizelge 4.45.</b> $S_{16}$ örneği için gözenek değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....    | 119 |

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.46.</b> $S_{16}$ örneği için gözenek değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma.....     |     |
| Testi sonuçları .....                                                                                 | 119 |
| <b>Çizelge 4.47.</b> $S_{16}$ örneği için süresince pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları ....  | 120 |
| <b>Çizelge 4.48.</b> $S_{16}$ örneği için pH değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi....     |     |
| sonuçları .....                                                                                       | 121 |
| <b>Çizelge 4.49.</b> $S_{16}$ örneği için TVB-N değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....         | 123 |
| <b>Çizelge 4.50.</b> $S_{16}$ örneği için TVB-N değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma.....       |     |
| Testi sonuçları .....                                                                                 | 123 |
| <b>Çizelge 4.51.</b> $S_{16}$ örneği için süresince su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz..... |     |
| sonuçları .....                                                                                       | 125 |
| <b>Çizelge 4.52.</b> $S_{16}$ örneği için su aktivitesi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma    |     |
| Testi sonuçları .....                                                                                 | 125 |
| <b>Çizelge 4.53.</b> $S_{16}$ örneği için totox değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....         | 127 |
| <b>Çizelge 4.54.</b> $S_{16}$ örneği için totox değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi      |     |
| sonuçları .....                                                                                       | 127 |
| <b>Çizelge 4.55.</b> $S_{16}$ örneği için lipid oksidasyonu tartışmaları.....                         | 129 |
| <b>Çizelge 4.56.</b> $S_{16}$ örneği için $L^*$ değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....        | 131 |
| <b>Çizelge 4.57.</b> $S_{16}$ örneği için $L^*$ değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi..... |     |
| sonuçları .....                                                                                       | 131 |
| <b>Çizelge 4.58.</b> Yeniden yapılandırılmış ürünlerin $L^*$ değeri tartışmaları .....                | 134 |
| <b>Çizelge 4.59.</b> $S_{16}$ örneği için $a^*$ değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....         | 135 |
| <b>Çizelge 4.60.</b> $S_{16}$ örneği için $a^*$ değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi..... |     |
| sonuçları .....                                                                                       | 135 |
| <b>Çizelge 4.61.</b> Yeniden yapılandırılmış ürünlerin $a^*$ değeri tartışmaları.....                 | 137 |
| <b>Çizelge 4.62</b> $S_{16}$ örneği için $b^*$ değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....          | 138 |
| <b>Çizelge 4.63.</b> $S_{16}$ örneği için $b^*$ değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi..... |     |
| sonuçları .....                                                                                       | 138 |
| <b>Çizelge 4.64.</b> Yeniden yapılandırılmış ürünlerin $b^*$ değeri tartışmaları.....                 | 140 |
| <b>Çizelge 4.65</b> $S_{16}$ örneği için görünüş değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....        | 141 |
| <b>Çizelge 4.66.</b> $S_{16}$ örneği için görünüş değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma.....     |     |
| Testi sonuçları .....                                                                                 | 141 |
| <b>Çizelge 4.67</b> $S_{16}$ örneği için süresince koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları .    | 142 |

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.68.</b> $S_{16}$ örneği için koku değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....                       | 143 |
| <b>Çizelge 4.69</b> $S_{16}$ örneği için lezzet değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....                                        | 144 |
| <b>Çizelge 4.70.</b> $S_{16}$ örneği için lezzet değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....                     | 144 |
| <b>Çizelge 4.71.</b> $S_{16}$ örneği için duyuasal açıdan tekstürel değerlendirme değerlerine ait... varyans analiz sonuçları .....   | 145 |
| <b>Çizelge 4.72.</b> $S_{16}$ örneği için duyuasal açıdan tekstürel bulgularına ait Duncan Çoklu.. Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 146 |



## 1. GİRİŞ

Beslenme konusunda bilinçlenen tüketiciler ile birlikte yeterli ve dengeli gıdaya olan gereksinim de artmaktadır. Su ürünlerinin sahip olduğu esansiyel amino asitler, çoklu doymamış yağ asitleri, zengin mineral ve vitamin kaynakları onları besin değeri açısından özel kılmaktadır. Özellikle küçük balıkların kılçıkları ile birlikte tüketilmesi sonucu büyüme ve gelişme döneminde olan çocukların ve hamile bireylerin kalsiyum ihtiyacı karşılanabilmekte ve sahip oldukları çinko, iyot, fosfor, demir mineralleri sayesinde anemi gibi sağlık sorunlarının ortadan kaldırılması söz konusu olabilmektedir (Sun vd. 2017). Omega-3 yağ asiti olan eikosapentaenoik asit (EPA), kardiyovasküler sorunların önlenmesinde, dokosaheksaenoik asit (DHA) ise görme fonksiyonları, büyüme ve beyin gelişiminde ve alzheimer gibi hastalıkların engellenmesinde etkili rol oynamaktadır. Özellikle yağlı balıklar omega yağ asitlerinin temin edilebilmesi için en iyi kaynaklardır (Turan vd. 2013; Fosnacht vd. 2017; Öksüz vd. 2017; Calder 2018; Jackson vd. 2019). Balıklar, besleyici değerlerinin yanı sıra, bağ dokularının zayıf olması sebebiyle sindirimi kolay gıdalardır. Su ürünleri tüketimi, büyüme ve gelişme katkıda bulunmasının yanı sıra, canlıların kas miktarının artırılmasına ve dokuların onarılmasına da destek olmaktadır. Sindirim sistemi, sinir sistemi ve deri sağlığı açısından önemli bir yerinin olduğu, buna ek olarak da vücut direncinin artırılmasında rol oynadığı bilinmektedir (Butler vd. 2017; Liu vd. 2017; Hamazaki vd. 2019).

Su ürünleri uygun şartlarda tutulmadıkları durumlarda hızla bozulabilen gıdalardır. Vücut açıklıklarının bulunması, bağ dokusunun zayıf olması, pH değerinin nötre yakın olması gibi nedenler su ürünlerini mikrobiyal kontaminasyona açık hale getirmekte ve mikrobiyal gelişim hızla ilerlemektedir. Enzimatik reaksiyonların hızı, doymamış yağ asitlerinin lipid oksidasyonuna hassasiyet göstermesi, bunun yanı sıra su aktivitesi değerinin yüksek olması gibi temel nedenlerden dolayı kalitesinin korunması önem arz etmektedir. Su ürünleri kalitesinin korunmasında yaşanan zorluklar nedeniyle su ürünleri işleme tekniklerinin geliştirilerek daha etkili ve sağlıklı yöntemlerin araştırılması gerekmektedir (Garcia vd. 2017; Wang 2018).

Atıklarının bile çok kıymetli fonksiyonel özellikler içerdiği su ürünlerini tam olarak değerlendirmek hem gıda endüstrisi hem de çevre ve insan sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir (Feng vd. 2020). Gıda kaybı; uygunsuz depolama tesisleri, soğuk zincirde aksamalar, hatalı gıda işleme uygulamaları, altyapı eksiklikleri, paketlenme veya etkin pazarlama sistemlerinde sıkıntılar gibi yönetsel ve teknik sorunlardan kaynaklanmaktadır (Zhou vd. 2020). Gıda atığı ise, hala insan tüketimi için uygun halde olan gıdaların, gıda tedarik zincirinden çıkarılmasıdır (Young ve Charalampopoulou 2019). Dünya genelinde 800 milyon insan açlık sıkıntısı yaşamakta, insan tüketimine ayrılan gıdaların her yıl 1.3 milyar tonu atık olmakta ya da kayba uğramaktadır ve bu miktarın açlık sorunu yaşayan insanların %12'sini besleyebileceği vurgulanmaktadır (Garcia-Herrero vd. 2019). Artan nüfus, değişen gıda tüketim alışkanlıkları ve ticaretin küreselleşmesi, gıda tedarik zincirlerini son derece karmaşık ve uzun hale getirmiştir.

Gıda kayıpları ve atık materyaller açısından su ürünlerinin; yetiştiricilikten elde edilen ürünler için %10, hasat sonrası taşıma ve depolama esnasında % 0.02, işleme ve paketlenme esnasında %0.04, dağıtım esnasında %0.01, hane halkı tarafından tüketilirken ise %2 kayba uğradığı vurgulanmaktadır. Dünya genelinde kayıp ve atık hale gelen

gıdaların yalnızca çeyreğinin kurtarılabilmesi halinde ise açlık sınırının altında bulunan 870 milyon civarı insanın beslenebilmesi açısından yeterli olacağı ve sahip olduğumuz kıymetli besin kaynaklarının dikkatli değerlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2016; Mo vd. 2018; Salihlioğlu vd. 2018). Gıda olarak değerlendirilebilecek atık ve artıkların işlenmesi daha büyük hassasiyet gerektiren bir konudur. Çünkü tüm gıdaların yanı sıra su ürünleri ekonomik açıdan tüm atık ve yan materyaller bakımından önemli olmasının yanında, işleme aşamasında artık küçük parçalar haline gelebilmektedir ve ön işlem aşamasından geçerek bozulmaya karşı daha meyilli bir hal alabilmektedir (Pazo vd. 2014; Secci vd. 2017).

Et endüstrisinde, düşük değerli et parçalarından ve katkılardan yapılan yeniden yapılandırılmış ürünler önem kazanmaya başlamıştır. Yeniden yapılanma kavramı etin kısmen veya tamamen parçalanması ve aynı veya farklı bir biçimde istenen forma dönüştürülmesidir. Yeniden yapılandırılmış ürünler elde etmek ve et ve balık jellerinin stabilitesini, dokusunu ve kıvamını arttırmak için bir dizi soğuk bağlayıcı ajanlar (aljinatlar, kan plazma faktörleri ve enzim kompleksleri) kullanmaktadır ve genel olarak bu uygulamalardan büyük verim elde edilebilmektedir (Chanarat ve Benjakul 2013; Choi vd. 2016; Jira ve Schwagele 2017; Rezaei ve Liu 2017). Genellikle tuz, soya proteini, peynir altı suyu proteini, alginatlar ve fosfatlar, ısıl işlemlerle birlikte ette bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Birbirinden bağımsız küçük et parçalarının bir araya getirilmesi işleminde transglutaminaz enziminden (TGaz) de yararlanılmaktadır. TGaz enziminin proteinlerin arasında oluşumuna yol açtığı çapraz bağlar nedeniyle et parçaları bir araya gelmekte ve ürünün istenen şekli alması sağlanmaktadır. Bu katkı maddeleri proteinlerin bağlanması ve pişirme sürelerinin yanı sıra lezzetle de ilişkili olarak kullanılabilmektedir. Sonuç olarak tüketime hazır ürünler ortaya çıkmakta ve bu ürünler hem ekonomik hem de besinsel açıdan avantajlar oluşturmaktadır (Sun 2009; Paula vd. 2019)

Ülkemizde yetiştiriciliği ve avcılığı en çok yapılan türlerden biri levrek balığı olup, özellikle Ege ve Akdeniz sahillerinde yaygın şekilde bulunmaktadır. Su ürünleri bütün halde temizlenerek veya iç organları, pulları, kemik ve derisi alınmış, fileto edilmiş olmak üzere çok farklı şekillerde satışa sunulabilmektedir. Gerçekleştirilen bu aşamaların tümünde atık ve kayıp kısımlar ortaya çıkabilmektedir. Bu kayıp kısımların en iyi şekilde değerlendirilmesi amacıyla su ürünleri işleme teknikleri günden güne gelişerek uygulanmaktadır (Alkaya ve Demirer 2016; Shahidi ve Ambigaipalan 2018).



Şekil 1.1. Levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*), FAO 2019

Planlanan tez çalışmasında hedeflenen parça ve işleme atığı olan levrek etinin mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz) enzimi kullanılarak, başka bir katkı olmadan, yeniden yapılandırılarak form verilmiş bir ürün üretilmesidir. Bu üretim sürecinde tüketici beğenisi ön planda tutulmak kaydıyla çeşitli kalite analizleri ile uygun üretim şartları ortaya konulmuştur. Beğenilen ürün tekrar üretime alınmış ve dondurulmuş depolanması sürecinde meydana gelen kalite değişimleri takip edilmiştir. Su ürünleri ürünlerinin sofralarımıza kazandırılabilcek alternatif bir gıdaya dönüştürülmesi hedeflenmiştir.



## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Yeniden Yapılandırma Teknolojisi ve MTGaz Enziminin Su Ürünlerinde Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Yeniden yapılandırılmış ürünlerin geçmişi 1970 yılına kadar dayanabilmektedir. Yeniden yapılandırma uygulamaları kemiksiz etin kullanımını, karkasın ikincil kısımlarını, yenilebilir karakteristiğe sahip olan daha yüksek değere sahip ürünlere dönüştürebilmektedir. Günümüzde uluslararası bir çok fast food şirketi, menülerinde yeniden yapılandırılmış kırmızı et, kanatlı etleri ve su ürünlerini barındırmaktadır (Sun 2009; Fulkerson 2018; Thompson vd. 2018; McCrory vd. 2019; Niven vd. 2019). Sofralık tuz ve diğer fosfat tuzları, MTGaz, gamlar gibi çeşitli katkı maddeleri yeniden yapılandırma işlemi için kullanılabilmektedir (Gadekar vd. 2014; Secci vd. 2017; Ding vd. 2018; Haddad vd. 2018).

Çeşitli çalışmalarda yeniden yapılandırılmış etlerin değerlendirilmeleri için duyu analize katılan panelistler bu ürünlerin; et çeşidinin, katkı maddelerinin etle karışma süresinin, renginin, şeklinin ve bu şekli nasıl aldığının, lipid oksidasyonun ette renk ve tadı nasıl etkilediğinin, etin katkı maddeleri ile olgunlaştırılmasının ve bu süresinin ete etkisinin, fiyatının, çiğnenilebilirliğinin, etin partikül içerip içermemesinin ve partikül büyüklüklerinin kalite üzerine etkisini gözlemlemişlerdir (Wu 2002; Martelo-Vidal vd. 2016a; Ding vd. 2018). Yeniden yapılandırma işleminin avantajları ve dezavantajları Tablo 2.1.'de sunulmuştur.

Gıda ürünlerinin şekillerini arzu edilen forma dönüştürmek, renk, koku, tat, lezzet, tekstür, yağ, nem içeriği ve diğer fiziksel etmenleri yeniden yapılandırabilmek için farklı metodlar ve katkı maddeleri kullanılmaktadır (Gonçalves vd. 2010; Gadekar vd. 2014; Ding v.d 2018; Haddad vd. 2018). Bunlar; tripolifosfat, sodyum kazeinat, peyniraltı suyu protein izolatu, soya proteini konsantratu, nişasta, karragenan, MTGaz enzimi, sodyum aljinat, karotenoidler gibi çeşitli eklendiriciler, sodyum klorür vb. katkı maddeleridir (Dimitrakopoulou vd. 2005; Ramirez vd. 2006; Moreno vd. 2008; Kaewudom vd. 2013; Canto vd. 2014; Martelo-Vidal vd. 2016b).

Diğer et ürünlerinde olduğu gibi su ürünlerinde de ısıtma işlemi uygulamaya hazır, soğuk zincirde muhafaza edilebilen, marinat, tuzlanmış ürünler ya da suşi gibi çeşitli işlenmemiş ürünler piyasada yaygınlaşmaktadır (Ramirez vd. 2002; Moreno vd. 2010a; Andres-Bello vd. 2011; Tzikas vd. 2015; Baugreet vd. 2018). MTGaz gibi katkı maddeleri ise, ürünün görünümünde olumlu değişimler yapmasının yanı sıra, kokusuz ve tatsız olmasıyla birlikte, düşük sıcaklıklarda yeniden yapılandırılmış ürünler ortaya çıkartabilmekte ve soğuk zincir bu sayede korunabilmektedir (Jira ve Schwagele 2017; Ding vd. 2018; Serrano-Leon vd. 2018).

**Çizelge 2.1.** Yeniden yapılandırılmış ürünlerin avantaj ve dezavantajları

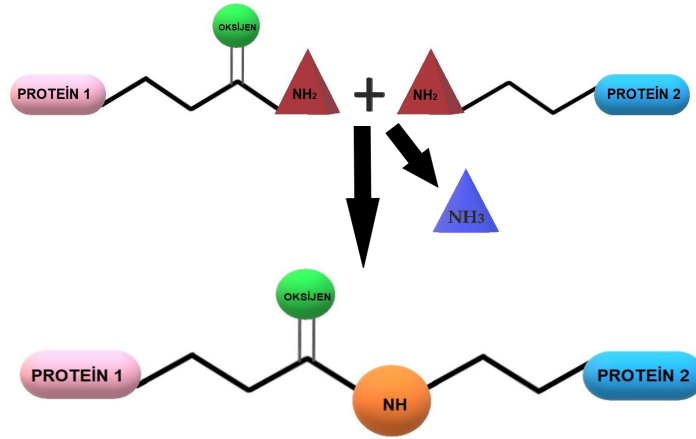
| <b>Avantajlar</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Dezavantajlar</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Yeni bir ürün eldesi:</b> Yeniden yapılanma süreci, farklı pazarlar için çeşitli yeni ürünlerin yaratılmasını mümkün kılmaktadır. Biftek ve pirzola üretimine ek olarak, yeniden yapılandırılmış etler, çubuk veya nugget vb. hemen hemen her şekil ve boyutta oluşturulabilmektedir.                          | <b>Tüketicilerin yeni ürünlere karşı önyargıları ve damak lezzetleri:</b> Tüketicilerin geleneksel açıdan alışık olmadıkları ürünleri kolayca kabul etmemeleri nedeniyle ürünlerin pazarlanmasında zorluklar yaşanabilmektedir.                                                                               |
| <b>Ekonomik ürün eldesi:</b> Yeni ürün ve üretimde daha düşük maliyete sahip ürünler elde edilebilmektedir.                                                                                                                                                                                                       | <b>Duyusal değişimler:</b> İstenmeyen üretim, depolama ve paketleme şartları sonucunda soğuk zincirin dışına çıkılması, dolayısıyla da HACCP uygulamalarının gerçekleşmemesi sonucu tüketici beğenisini olumsuz etkileyebilen koku, görünüş, renk, tekstür ve lezzette olumsuzluklar ortaya çıkabilmektedir.  |
| <b>Isıl işlem verimi/süresi ve servis boyutu/şekli:</b> Ürünlerin ısıtma işlem süresi daha kısa ve ürün şekilleri ile boyutları standart hale getirilmekte ve bu açıdan tüketicinin ürünü tercihi arttırılmakta, ısıtma işlemine harcanan enerji standart hale gelmekte ve maliyet hesapları da kolaylaşmaktadır. | <b>Organik ve işlenmemiş ürüne ulaşma isteği:</b> Tüketicilerin taze, organik veya işlenmemiş ürünlere ulaşma isteklerinin günümüzde daha da yaygınlaşması bakımından bu doğrultuda, dondurulmuş olarak piyasaya sürülen ve katkı maddesi içeren ürünlerin daha az tercih edilmesi söz konusudur.             |
| <b>Besin değerinin düzenlenmesi:</b> İstenilen organik ve inorganik bileşikler ürüne kolayca eklenebilmekte ve ürün besin değeri açısından standart hale getirilebilmektedir.                                                                                                                                     | <b>Ürünün mikrobiyal açıdan risk içerebilmesi:</b> Gıda ürünlerinin üretilmesi, paketlenmesi, depolanması ve satışa sunulması aşamalarında özellikle soğuk zincire uyulmaması ile ortaya çıkabilen gıda zehirlenmelerine varabilen durumlar ya da bu durumlar ile ilgili tüketici kaygıları oluşabilmektedir. |
| <b>Ürünün albenisinin arttırılması:</b> Yeniden yapılandırılan ürünlerin koku, görünüş, renk, tekstür, lezzet gibi önemli duyusal niteliklerinin tüketici beğenisine göre düzenlenebilmektedir.                                                                                                                   | <b>Ürünün hedef kitlesi:</b> Ürünün hedef kitlesinin iyi belirlenememesi ürünün pazarlanmasını zorlaştırmaktadır.                                                                                                                                                                                             |
| <b>Raf ömrünün ve kalite değişimlerinin takibi:</b> Standart hale getirilmiş ürünün depolama süresidaha kolay takip edilebilmekte ve kalitesinde meydana gelen değişikliklerin öngörülebilir.                                                                                                                     | <b>Oksidasyon:</b> Ürünlerin uygun olmayan koşullarda üretilmesi, paketlenmesi ya da depolanması neticesinde özellikle hava ile temas etmesiyle ortaya çıkabilecek olumsuzluklardan biri oksidasyondur.                                                                                                       |

Transglutaminaz (TGaz; protein-glutamine  $\gamma$ -glutamyltransferase, EC 2.3.2.13) enzimi,  $\gamma$ -karboksilamid grubu peptit bağlarını, glutamin kalıntılarını (açıl donör) ve çeşitli birincil aminleri (açıl akseptör),  $\epsilon$ -amino grubu lisinler de dahil olmak üzere amino asit çapraz bağları ile protein polimerizasyonunu teşvik etmekte, ayrıca amin birleşmesi, deamidasyon ve çapraz bağlanma yolları ile proteinleri modifiye ve polimerize edebilmektedir (Yokoyama vd. 2004; Gonçalves vd. 2010; Isleroglu ve Turker 2019; Xing vd 2019). TGaz hayvanların vücut sıvılarında da bulunmakta ve kan pıhtılaşması, yara iyileşmesi, epidermal keratinizasyon ve eritrosit zarının sertleştirilmesi gibi fonksiyonlarda görev almaktadır (Yuan vd. 2017; Aaron ve Torsten 2018; Fatima vd. 2019; Queiros vd. 2019). Hücresel büyümenin, hücresel farklılaşmanın ve hücresel çoğalmanın düzenlenmesinden TGaz'ların sorumlu olup, ayrıca bu enzim bitkiler, balıklar ve mikroorganizmalarda da tespit edilmiş ve farklı canlılarda protein substratlarının fonksiyonel özelliklerini geliştirdiği bilinmektedir (Romeih ve Walker 2017; Aaron ve Torsten 2018; Gharibzahedi ve Chronakis 2018).

Transglutaminaz, bitkilerde, hayvanlarda ve hayvanların kanlarında bulunabildiği ve onlardan saflaştırılabildiği gibi, mikroorganizmalardan da elde edilebilmektedir (Avila vd. 2010; Castillejos vd. 2017; Jin vd. 2018). Hayvanlardan (domuz, sığır, balık vb.) elde edilen transglutaminaz hem zahmetli ve masraflı hem de  $\text{Ca}^{+2}$  içermesinden dolayı, özellikle miyozin ve kazein içeren gıdalar ile etkileşiminde olumsuzluklar ortaya çıkabilmektedir (Karayakannakidis vd. 2008; Keillor vd. 2014; Özçelik vd. 2019). Buna ek olarak memelilerin kanından izole edilebilen bu enzimin (Faktör XIII) aktif olması için trombine ihtiyaç duyulmakta, ayrıca kırmızı renk pigmentlerini de olumsuz etkilemektedir (Motoki ve Kumawaza 2000; Aaron vd. 2019; Gajsek vd. 2019).

Çeşitli araştırmalarla beş binden fazla mikroorganizma suşu üzerinde yapılan denemeler neticesi,  $\text{Ca}^{+2}$ 'den bağımsız, ekonomik açıdan verimli ve üretimde kolaylık sağlaması açısından avantajlı olması nedeniyle MTGaz endüstriyel olarak üretilmektedir (Castillejos vd. 2017; Yanagitsuru vd. 2019). Geniş pH ve sıcaklık aralıklarında aktif olması nedeniyle, 1989 yılında *Streptoverticillium mobaraense* isimli bakteriden mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz) elde edilmiştir. Bu enzim FDA tarafından GRAS (Generally recognized as safe=genellikle güvenli olarak kabul edilen) kapsamında değerlendirilmiştir (Hong ve Xiong 2012; Castillejos vd. 2017; Jin vd. 2018; Guo vd. 2019; Özçelik vd. 2019).

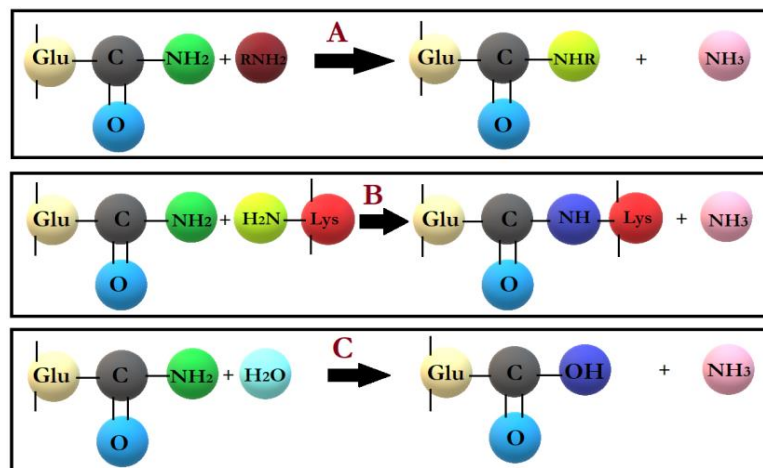
Glutamin-lizin çapraz bağları sayesinde fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi, yeni gıdaların ortaya çıkartılması ve işleme tekniklerinin geliştirilmesi ile TGaz gıda sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Anuradha ve Prakash 2009; Gharibzahedi ve Chronakis 2018; Liu vd. 2019). Protein matrisinde, deamidasyon ve açıl transfer reaksiyonları, glutamin-lizin çapraz bağ oluşumundan daha yavaş gerçekleşmektedir (Yuan vd. 2017; Hu vd. 2018). Ortaya çıkan kovalent bağlar ise yüksek moleküler ağırlığa sahip polimerleri ( $10^6$ - $10^7$  g/mol) meydana getirmekte ve gıda endüstrisinde bu durumdan faydalanılmaktadır (Şekil 2.1.) (Heck vd. 2013; Bhokisham vd 2016; Fang vd. 2019).



**Şekil 2.1.** Transglutaminaz enzimi etkinliğinde çapraz bağlı proteinlerin transamidasyon reaksiyon katalizi.

Enzim aktivitesi sonucu, ana mekanizmasını polimerizasyonların oluşturduğu ve sonunda molekülün hidrofobikliğinin değiştiği reaksiyonlar meydana gelmektedir. Proteinlerin lizin molekülü kalıntılarının, ε-amino grupları açıl akseptör özelliği gösterdiği durumda, intra ve intermoleküler ε-(γ-glutamil)-lizin (G-L) çapraz bağları ortaya çıkmakta ve bu durum protein yüzeyinin hidrofobikliğini, çözünürlüğünü ve diğer fonksiyonel özelliklerini (jelleşme, emülsifikasyon, köpürme formasyonu ve viskozite vb.) değiştirebilmektedir (Yokoyama ve Kikuchi 2004; Anuradha ve Prakash 2009; Gaspar vd. 2015; Jin vd. 2018; Liu vd. 2019; Zang vd. 2019).

Reaksiyon için gerekli olan lizin kalıntıları, serbest lizinler ya da birincil aminlerin yokluğu durumunda ise, açıl akseptör görevini su üstlenmekte, glutamin kalıntılarında hidrolitik deamidasyonu tetiklemekte ve glutamik asitler ortaya çıkabilmektedir (Şekil 2.2.). Bu durum proteinlerin çözünürlüğünü de değiştirebilmektedir (Damodaran 2005; Heck vd. 2013; Gaspar vd. 2015; Bhokisham vd. 2018; Hu vd. 2018).

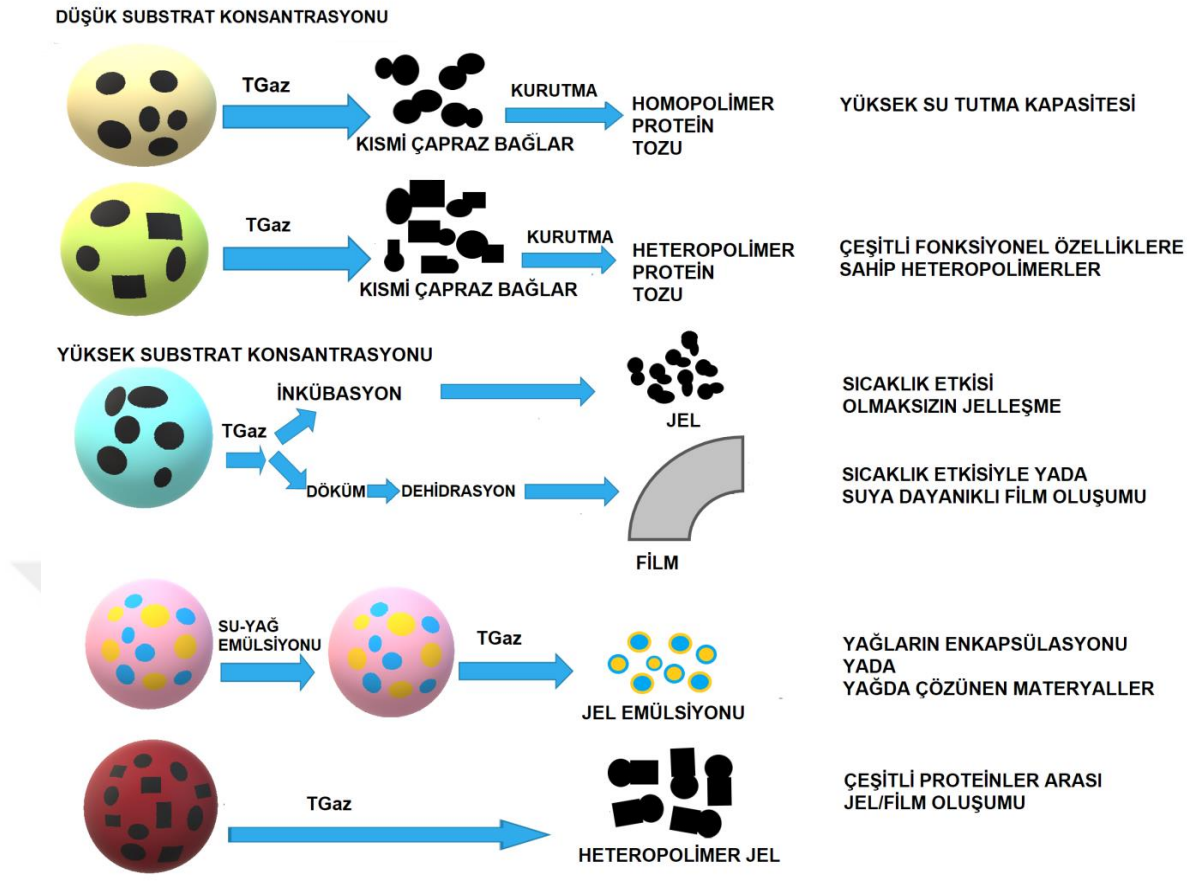


**Şekil 2.2.** MTGaz tarafından katalizlenen reaksiyonlar: (A) Açıl-transfer reaksiyonu; (B) Çapraz bağlı lizin ve glutamin kalıntıları; (C) Deamidasyon.

Gıda endüstrisinde geniş kullanım alanına sahip ve ekonomik olan MTGaz, yeniden yapılandırılmış et ve et ürünlerine ek olarak, Asya mutfağında imitasyon su ürünleri olarak isimlendirilen surimiden, ekmek ve yoğurda kadar bir çok farklı alanda kullanılmaktadır (Djoullah vd. 2017). Yeniden yapılandırma işlemi ile özellikle son ürünün sertlik gibi birçok tekstürel özelliğinin istenilen hale getirilebilir olması, düşük yağlı ürünlerin elde edilebilmesi, duyuşal özellikler açısından daha beğenilir ürünlerin ortaya çıkabilmesi sağlanmaktadır (Romeih ve Walker 2017). MTGaz ürünün gerilme kuvvetini arttırmakta, ayrıca mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmektedir (Abbate vd. 2019; Xing vd. 2019). Çeşitli araştırmacılar tarafından, memelilerden elde edilen TGaz'a kıyasla, MTGaz geniş pH aralıklarında stabil katalitik aktiviteye sahip olup, optimum pH aktivitesi 5 ila 7, kalıntı aktivitesi ise 4 ila 9 arasında belirtilmektedir.

MTGaz'ın izoelektrik noktası 8.9 olduğu bildirilmiştir (Motoki ve Seguro 1998; Ribeiro vd. 2018; Gajsek vd. 2019). Ayrıca MTGaz'ın 40°C ila 50°C sıcaklık aralıklarında ve pH 6 olduğunda en iyi çalışma şartlarına sahip olduğu vurgulanmakta, ancak 70°C'ye çıkıldığında aktivitesini kaybetmeye başladığı ifade edilmektedir (Motoki ve Kumawaza 2000; Yokoyama ve Kikuchi 2004; Gajsek vd. 2019). Çeşitli araştırmalarda, bu enzimin su içerisinde yağ emülsiyonlarında bulunan proteinlerin jelleşme yeteneklerini arttırdığı, viskoziteyi arttırdığı, elastikiyeti geliştirdiği, su tutma özelliklerini iyileştirdiği, proteinlerin çözünürlüğünü artırıp, termal stabilitelerini geliştirdiği vurgulanmakta ve protein solüsyonlarının TGaz ile karıştırılması sonucunda, transparan suya dayanıklı protein filmleri oluşturmanın mümkün olduğu Şekil 2.3.'te verilmiştir (Ramirez ve Angel 2006; Hong vd. 2012; Kaewudom vd. 2013; Oteng-Pabi ve Keillor 2013; Rodriguez-Turienzo vd. 2013; Kaewprachu vd. 2017; Jin vd. 2018; İsleroğlu ve Turker 2019; Liu vd. 2019).

Tüketiciler günümüzde sağlıklı gıdalara yönelmekte ve katkı maddesini az içeren ya da doğal olanları tercih etmektedir (Oteng-Pabi ve Keillor 2013; Butler vd. 2017; Öksüz vd. 2017; Calder 2018). MTGaz enzimi de doğal bir yapıya sahip olup, besinsel ve ekonomik açıdan avantajlar sağlamaktadır (Bhokisham vd. 2016; Abbate vd. 2019). MTGaz kullanımı sayesinde proteinlerin biyoerişilebilirliği ve ürünlerin sindirilebilirliğinin arttığı, serbest amino asitlerin polimerize olmasıyla gıda alerjisi ihtimalini düşürdüğü, dolayısıyla da insan sağlığı üzerinde olumlu etkisi bulunduğu dair çalışmalar mevcuttur (Heil vd. 2016; Amirdivani vd. 2018; Fang vd. 2019). MTGaz ile oluşturulmuş yüksek derecede elastikiyete sahip jeller, düşük konsantrasyonlarda bile çeşitli protein substratlarına uygulanabilmektedir (Kaewudom vd. 2013; Zhu vd. 2014; Hu vd. 2015; Djoullah vd. 2017).



**Şekil 2.3.** Transglutaminaz enziminin gıda endüstrisinde yeni özelliklere sahip materyaller oluşumu için kullanımı.

Birçok kullanım alanı bulunan TGaz enzimi, dana eti, keçi eti, domuz eti, kanatlı etleri gibi ürünlerin ve özellikle de su ürünlerinin yeniden form kazandırılmasından, süt ürünlerinden, ekmek ve unlu mamüllere, su bitkilerine, soya kökenli ürünler olan tofuya kadar farklı ürünlere uygulanarak, tekstürel ve duyuşal özellikleri geliştirmektedir (Dimitrakopoulou vd. 2005; Cofrades vd. 2011; Canto vd. 2014; Gadekar vd. 2014; Choi vd. 2016; Castillejos vd. 2017; Baugreet vd. 2018; Gharibzahedi ve Chronakis 2018; Zhang vd. 2018). Özellikle kazein, miyozin, soya glisin gibi protein kaynaklarının glutamin ve lizin açısından zengin olması nedeniyle MTGaz çeşitli ürünlerde kullanılabilir (Mazzeo vd. 2013; Tzikas vd. 2015; Abbate vd. 2019). Lysin, esansiyel amino asitlerden bir tanesi olup, büyüme hormonunun yapısına katılan en önemli amino asitlerdendir. Glutamin ile birlikte lizinin bağlanmasını sağlayan transglutaminaz içerikli besinlerin alınması, vücutta birçok faaliyetin daha verimli gerçekleşmesi sağlanabilmektedir. MTGaz'ın gıdalar için kullanım alanları, Şekil 2.4.'te verilmiştir (Heil vd. 2016; Motoki ve Kumazawa 2000).



**Şekil 2.4.** Mikrobiyal Transglutaminaz'ın gıda sektörü başta olmak üzere farklı sektörlerde kullanımı

MTGaz'ın gıda sektöründe kullanımına yönelik birçok araştırma bulunmasına rağmen su ürünleri açısından genellikle viskoelastik yapı geliştirilmesi, jel oluşturma kapasitesinin artırılması, surimi teknolojisi gibi uygulamalar bulunmaktadır (Gomez-Guillen vd. 2005; Benjakul vd. 2008; Cardoso vd. 2012a; Chanarat ve Benjakul 2013; Hu vd. 2015; An vd. 2018; Fang vd. 2019; Guo vd. 2019). Su ürünlerinin yeniden yapılandırılması ve depolanma süresi boyunca raf ömründe meydana gelen kalite değişimlerinin takibine yönelik çalışmalara ilgi giderek artmaktadır (Gadekar vd. 2014; Haddad vd. 2018).

## 2.2. Çeşitli Et Ürünlerinin Yeniden Yapılandırılmasına Yönelik Çalışmalar

Dana bifteğinde MTGaz'ın (Activa WM) soğuk olgunlaşma ajanı olarak kullanıldığı bir çalışmada, bifteklere ceviz eklenmesiyle birlikte, mikrobiyal gelişmenin azaldığı ve buna bağlı olarak, tiramin, histamin, putresin ve kadaverin miktarlarında düşüş gözlemlenerek, biyojen amin zehirlenmesini yavaşlatıcı etkisinin bulunabildiği belirtilmiştir (Ruiz-Capillas vd. 2004).

MTGaz'ın kullanıldığı (Activa WM) ve oransal olarak ürünlerde %0.7 olarak ilave edildiği bir çalışmada, sodyum kazeinat %3, ceviz (%0, %10 ve %20) ve çeşitli içerikte tuzların (%2 NaCl ve %0.3 sodyum tripolifosfat) da kullanılarak, yeniden yapılandırılan dana filetoları 6 gün süresince 3°C sıcaklıkta depolanmıştır. Araştırmada kullanılan örneklerin kabul edilebilir duyuşal verilere sahip olduğu ve tuz ile ceviz ilavesinin ürünlerde ısıtım işlem sonrası oluşan kayıpları azalttığı, çiğ halde ise örneklerin mekanik özelliklerinin iyi olduğu vurgulanmıştır (Serrano vd. 2004).

Domuz etinde fosfat katkısı olmadan, sofr tuzu (%1 ve %2) ve MTGaz (Activa WM) %0, %0,075 ve %0,15) uygulamaları ile birlikte farklı işleme şartlarının denenerek (72 °C/65 dk, 78 °C/65 dk) optimum ürünü elde etmeye yönelik bir çalışmada, MTGaz seviyesinin %0.15, tuz miktarının %1 ve işlemin 72 °C/65 dk olduğu şartlar ısıl işlem kaybı, duysal analizler, protein içeriği ve etin su miktarı açısından en uygun şartlar olarak tespit edilmiştir (Dimitrakopoulou 2005).

Bir başka çalışmada MTGaz enzimi (Aktiva EB) %0.5 oranında kullanılarak ilavesi ile birlikte soğuk olgunlaşmaya alınan kurutulmuş domuz etlerinin yeniden yapılandırılmasının verimi incelenmiş ve sodyum ve potasyum tuzlarının kullanımına ihtiyaç kalmadan, enzim etkinliği sayesinde ürünün bağlanma kuvvetinin arttığı ve olgunlaştığı tespit edilmiştir (Avila vd. 2010).

Kümes hayvanları etlerinin yeniden yapılandırılmasını hedefleyen bir araştırmada, MTGaz enzimiyle (Activa WM) birlikte deniz yosunları da kullanılarak düşük tuz içerikli ürünler optimize edilmiştir. Çeşitli oranlarda (1.5% NaCl, 0.7% MTGase ve 1.5% kazeinat; 0.5% NaCl, 3% deniz yosunu) enzim içeren ve deniz yosunu içeren örneklerin duysal olarak panelistlerce beğenildiği ve mikrobiyal açıdan kontrol örneklerine göre daha verimli olduğu, laktik asit bakterisi, Enterobacteriaceae üyeleri ve toplam psikrofilik bakteri miktarlarının 6 gün boyunca buzdolabı şartlarında depolama neticesinde 7 log kob/g'ın altında kaldığı, kontrol örneklerinin ise limite ulaştığı vurgulanmıştır (Cofrades 2011).

Tavuk eti, hindi eti, domuz eti, sığır etinin MTGaz ve kazeinatlı olmak üzere farklı uygulama ile yeniden yapılandırma işlemine tabi tutulduğu bir çalışmada ise, ürünlerin kızartılarak meydana gelen protein, yağ, nem ve kül kayıplarını tespit edilmiştir. MTGaz içeren ve içermeyen ürünler merkez sıcaklığı 72°C'ye ulaşacak şekilde 6 dk boyunca yağda kızartılmıştır. Yeniden yapılandırılmış etlerin protein oranlarının; sığır eti için %21.7 ve hindi eti için %23.1 seviyelerinde olduğunu vurgulamışlardır. Diğer ürünlerde ise; %22.2 ile hindi marinatı, %33.5 ile kızartılmış sığır eti ve kontrol örnekleri içinde %22.2 (marine domuz eti) ve %28.0 (kızarmış sığır eti) olarak tespit edilmiştir. İlgili araştırmaya göre 8-11 amino arasında bulunan peptitler işaretlenmiş ve gözlemlerin ardından, etlere konulması gereken miktarın 1 kg et içindeki 5 mg saf enzime karşılık gelebilecek %0.1 Activa EB (Activa EB) olduğu da belirtilmiştir (Jira ve Schwägele 2017).

Baugreet vd (2018) yeniden yapılandırılmış ürünlerin proteince zenginleştirilmış dana bifteğinin optimize edilmesine yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada, pirinç proteini, bezelye protein izolatı, mercimek unu ve MTGaz enzimi kullanılmıştır. MTGaz (Activa EB) içeriği (%2), bezelye protein oranı (%8), pirinç proteini (%9.35) ve mercimek proteinini (%4) içeren örneklerin, düşük sertliğe sahip, proteince zengin, tekstürel özelliklerce iyileşmiş ve tüketici beğenisini kazanan optimum örnekler olduğu ifade edilmiştir (Baugreet vd. 2018).

Yapılan bir araştırmada, dana bifteği atıklarından ve yan ürünlerinden yeniden yapılandırma uygulaması için alınan parçalar %1 lik MTGaz (Activa TG-B) enzimi ile biraraya getirilmıştir. Psikrofilik ve mezofilik değerleri kontrol değerlerine göre çok daha düşük vurgulanırken, %17 yağ içeren örneklerin dondurularak depolanması

neticesi kalitesini en fazla koruyan örnekler olduğu ve tekstürel açıdan da diğer örneklerle göre çok daha iyi durumda tespit edildikleri belirtilmiştir (Sorapukdee ve Tangwatcharin 2018).

### 2.3. Su Ürünlerinin Yeniden Yapılandırılmasına Yönelik Çalışmalar

Mekanik özelliklerin düşük tuz oranıyla geliştirilmesi amacıyla yeniden yapılandırma işleminde bir gümüş sazan türü olan (*Hypophthalmichthys molitrix*) kullanılmıştır. Kıyma haline getirilen balık etine 80 g/kg süktroz ilave edilmesinin ardından ezme ürün haline getirilmiş ve -20°C'de 3 hafta dinlendirilmiştir. Ardından ezme ürünlere 0 g/kg, 10 g/kg ve 20 g/kg NaCl ilave edilmesiyle birlikte, 0 g/kg, 3 g/kg ve 6 g/kg MTGaz (Activa TG-TI/Activa WM) enzimi ilave edilmiştir. Yeniden yapılandırma işleminde enzimin olgunlaşması amacıyla 40 °C'de 30 dk ve bunu takiben 90°C'de 15 dakika ısıtıl işlem uygulanmıştır. NaCl ve MTGaz içermeyen örnekler kontrol olarak kabul edilmiştir. Araştırmada yapılan analizlerde su tutma kapasitesinin MTGaz varlığında arttığını, özellikle 3 g/kg MTGaz ile birlikte 10 g/kg NaCl kullanımının tekstürel ve fonksiyonel özellikleri geliştirdiğini vurgulamışlardır. Ayrıca enzim kullanılan örneklerde sertlik, kohezyon, esneklik gibi tekstürel parametrelerin kontrol örneklerine göre daha olumlu sonuçlar ortaya çıkarttığını belirtmişlerdir (Tellez-Luis vd. 2002).

Bir araştırmada, gümüş sazan (*Hypophthalmichthys molitrix*) etinin ezme ürün haline getirilmesi amacıyla, kriyoprotektan özellik gösteren 80 g/kg süktroz ile muamele edilmiş ve -20°C'de 3 hafta dinlendirilmiştir. Ardından %1 sodyum kazeinat, %1 peyniraltı suyu protein konsantratu veya alternatif olarak %0.3 MTGaz (Activa TG-TI/Activa WM) ilave edilmesinin yanı sıra çeşitli yüzdelerde (%0, %1, %2) tuz da eklenmiş ve yeniden yapılandırılmıştır. Etler 40°C'de olgunlaşması için 60 dk bekletilmiş, ardından da 90°C'de 20 dk ısıtıl işlem uygulanarak kalitesi incelenmiştir. Tekstür analizleri başta olmak üzere tuz içeren ürünlerde mekanik özelliklerin geliştiği ve düşük tuz içeren ya da tuz içermeyen örneklerin ise mekanik özelliklerinin süt proteinleri kullanılarak geliştirildiği vurgulanmıştır. Çalışmada herhangi bir depolama süreci takibi gerçekleştirilmemiş ancak başlangıçta ürünü dinlendirmek için yapılan -20°C'de depolama uygulamasıyla birlikte, tuz oranında meydana gelen düşüşün protein çözünürlüğünü de negatif etkilemesinin yanı sıra, mekanik özelliklerin de olumsuz etkilendiğini, ancak tuz ile birlikte MTGaz içerikli örneklerin mekanik açıdan olumlu hale geldiği vurgulanmıştır. Bu sonuca göre örnekler içinde bulunan çözünebilir proteinlerin MTGaz için substrat özelliği gösterdiği belirtilmiştir (Uresti vd. 2004).

Güney Amerika'da yaygın olarak tüketilen bir balık türü olan (*Cyclopsetta chittendeni*)'nin düşük tuz içeriği ile yeniden yapılandırılmasının hedeflendiği bir çalışmada, araştırmacılar ezme haline getirilmesi için 3 g/kg MTGaz (Activa TG-TI/Activa WM) ve 10 g/kg peyniraltı suyu protein konsantratu uyguladıkları örnekleri 40°C'de 1 saat ve 90°C'de 15 dk ısıtıl işlem uygulamış ve ardından 4°C'de depolamışlardır. Yeniden yapılandırılmış ürünün mekanik özelliklerinin geliştiğini vurgulamışlardır. MTGaz kullanımıyla birlikte farklı tuz oranlarıyla muamele edilen örneklerin mekanik özelliklerinin geliştiği belirtilmiştir. Peynir altı suyu proteini ile muamele edilen örneklerde ise yalnızca 20 g/kg tuz içeren ürünlerde mekanik özelliklerin geliştiği gözlemlenmiştir (Ramirez ve De Angel 2006).

Moreno vd. (2008) yaptıkları çalışmaya göre berlam balığı (*Merluccius capensis*) etinin kıymasına kalsiyum klorid (1 g/kg, 10 g/kg) ve 15 g/kg sodyum kazeinat, 10 g/kg aljinat ile birlikte MTGaz (Activa TG-TI/Activa WM) enzimi ilave ederek yeniden yapılandırılması araştırılmıştır. İlk uygulamada kalsiyum klorid (1 g/kg veya 10 g/kg) + (0 g/kg veya 10 g/kg) aljinat kullanılmıştır. İkinci metotta ise (0 g/kg veya 10 g/kg) MTGaz ile birlikte (0 g/kg veya 10 g/kg NaCl) + (0 veya 15 g/kg) sodyum kazeinat kullanmışlardır. MTGaz enziminin düşük sıcaklıklarda jelleşme ve olgunlaşma özelliğinin güçlü olduğu ve kas proteinleri arasındaki kovalent bağları ciddi oranda güçlendirdiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak sodyum kazeinat ile birlikte olması halinde 10 g/kg MTGaz uygulamasının özellikle 0 ila 10 °C arası gibi düşük sıcaklıklarda yaklaşık 24 saat olgunlaşmaya bırakılması neticesinde su tutma kapasitesinin iyileştiğini, tekstürel yapının güçlenerek, kırılma deformasyonunun azaldığını, sakızimsılık, çiğnenebilirlik, sertlik ve yapışkanlık gibi tekstürel parametrelerde en verimli sonuçların alındığı vurgulanmıştır. Ayrıca su tutma kapasitesinin MTGaz içerikli ürünlerde kontrole ve aljinata göre daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Bir çalışmada göçmen ve demersal bir balık türü olan ve Güney Amerika bölgesinde, özellikle de Brezilya'da en çok avlanan türler arasında yer alan, zengin besin içeriği ve dolayısıyla ortaya çıkabilen yan ürünleri ile atık kısımları açısından da ekonomik önem arz eden *Micropogonias furnieri* türü balığın kıyma haline getirilmiş etinin farklı oranlarda (%0.5, %1, %1.5) MTGaz (Activa TG-B) ile yeniden yapılandırılması ele alınmıştır. Filetolar sırayla H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> için 150mL (%0.05) 150ml, (%0.025) 150ml, (%0), CaCO<sub>3</sub> için 150ml, (%0.5) 150ml, (%0.25) 150ml, (%0), NaCl için 150ml, (%0.5) 150ml, (%0.25) 150ml, (%0), NaHCO<sub>3</sub> için 150ml, (%0.5) 150ml, (%0.25) 150ml, (%0) 150ml çözeltileri ile ve her aşamada su ile yıkanmıştır. Yıkandıktan sonra ezme haline getirilmiş ve MTGaz enzimi ilave edilmemiş örnek kontrol olarak değerlendirilmiştir. MTGaz uygulanan etler arasından %1.5 enzim konsantrasyonuna sahip örneklerin 10°C'de 160 dk olgunlaştırılması ardından, yeniden yapılandırılmış ürünün en beyaz ve duyuşal açıdan da (koku, görünüş, tat, tekstür) en beğenilen seri olduğu vurgulanmıştır (Gonçalves vd. 2010).

Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) ile berlam (*Merluccius merluccius*) balıkları etlerinin yeniden yapılandırılması hedeflenen bir çalışmada, balık yağı eklenmiş ve eklenmemiş olarak iki farklı örnek tipinin yanı sıra, bu örneklerde MTGaz (Activa TG-TI/Activa WM) uygulaması ile yeniden yapılandırılmış kıyma oluşturulmuştur. Örnekler toplamda 4 gün süresince 4°C'de depolanmaya tabii tutularak, lipid oksidasyonu, proteinlerde meydana gelen değişimler, doku analizleri, su tutma kapasitesi ile renk analizleri takip edilmiştir. Yapılan depolama neticesinde MTGaz ile hem alabalık hem de berlam için olumlu özelliklere sahip jeller oluşturulmuştur. Alabalık etinden oluşturulan jelleşmeye uğramış yeniden yapılandırılmış ürünler oksidasyona uğrarken, berlam balığı etinden elde edilen ürünlerde oksidasyona karşı daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, yağ içeriğine sahip örnekler için, ürünlerin en yüksek sertliğe ulaşması vakit aldığından, MTGaz aktivitesi negatif olarak etkilenmiştir. Ayrıca, MTGaz içerikli ürünlerin de protein oksidasyonunda artış gözlemlenmiştir. Aynı araştırmacı yine aynı yıl yaptığı başka bir çalışmada ise berlam balığının (*Merluccius capensis*) farklı bir türünün etini MTGaz ve sodyum aljinat ile yeniden yapılandırarak (Sodyum aljinat ile hazırlanan seri: %1.5 NaCl, %0.5 veya %0.2

Sodyum aljinat, %0.1 CaCl<sub>2</sub>, %0.8 Nişasta MTGaz ile hazırlanan seri: %4 veya %1.5 NaCl, %1 ve %0.5 MTGaz, %0.8 Sodyum kazeinat, %0.8 Nişasta %5 Su) ürünleri -15 °C'de 5 ay boyunca depolamış ve aylık olarak periyodik analizlerini gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda MTGaz'ın sodyum aljinata kıyasla daha etkili protein ağına etkisinin olumlu olduğunu gözlemlemişlerdir. Buna ek olarak SEM analizinde de protein ağındaki farklılığın belli olduğunu ve tekstür analizlerinin de bununla paralel sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (Moreno vd. 2010a; Moreno vd. 2010b).

Basaran vd. (2010) araştırmalarında tavuk göğsü, somon eti (*Salmo salar*) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) etlerini kıyma haline getirerek, %5 MTGaz (Activa TG-1) ilave etmiş 22x50 mm boyutunda plastik tüpler içerisinde 4°C'de 1 gece yapılandırma işlemi uygulamışlardır. MTGaz ilavesinin çapraz bağları kuvvetlendirdiğini vurgulamışlardır.

Andres-Bello vd. (2011) araştırmalarına göre, çipura balığı olarak bilinen (*Sparus aurata*) türünün etinin yeniden yapılandırılmasına yönelik çalışmaya göre, filetolar kesilerek parçalanmış ezme ürün için 0 g/kg MTGaz içeren örnek kontrol olarak kabul edilmiştir. Tuz katkısını düşürmek, lezzet vermek ve protein çözünürlüğünü arttırmak amacıyla 10 g/kg veya 20 g/kg tuz kullanılmıştır. MTGaz (Activa TG-TI/Activa WM) 0 g/kg, 3 g/kg veya 6 g/kg kullanılarak ezme ürün MTGaz içeriği 3 g/kg ve 6 g/kg kullanılarak 4°C'de 24 saat olgunlaşmaya bırakılmıştır. Tekstür profil analizleri neticesi sertlik, çiğnenebilirlik ve sululuk gibi parametreler için enzim içeren grupların daha verimli özellikle de 6 g/kg içeren örneklerin en olumlu sonuçlara sahip olduğu vurgulanmıştır. Bu örneğin dokusunun düşük tuz oranında bile daha sıkı olduğu ayrıca su oranını enzim sayesinde koruyarak bu durumun ürünün mekanik özelliklerine olumlu etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Moreno vd. (2013) araştırmalarına göre, MTGaz %0.5 veya %1.0 (Activa TG-TI/Activa WM) ve (%0.5 veya %0.2) sodyum aljinatın yanı sıra tuz, sodyum klorid, nişasta, su gibi çeşitli katkı maddelerinin de eklenmesi ile yeniden yapılandırılmış berlam balığı etinin (*Merluccius capensis*) soğuk olgunlaşma ve depolamaya (5°C) bırakılması neticesi kalite değişimlerini gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, MTGaz içerikli örneklerin protein çözünürlüğünün ve bağlanma kuvvetlerinin verimli hale geldiği, mikrobiyal analizler sonucu kontrol örneklerine göre enzim örneklerinin daha iyi sonuçlar verdiği ve ısıl işlem sonrası oluşan kayıplar, tekstürel özellikler gibi analizlerin neticesinin de MTGaz içeren örneklerde daha verimli olduğunu vurgulamışlardır.

Bir araştırmada çeşitli mutfak kültürlerince lezzeti ve kalp sağlığına iyi gelmesi bakımından tercih edilen Caiman timsahı (*Caiman crocodilus yacare*) türünün boyun, bacak, kuyruk ve sırt etlerinden yeniden yapılandırılmış ürün eldesine yönelik bir çalışmada, etin form kazanması için gerekli olan MTGaz (Activa TG-TI/Activa WM), sodyum, magnezyum ve potasyum tuzlarının azaltılması amacıyla alternatif olarak çeşitli kombinasyon oranları ile (Kontrol (%1.5 NaCl), T-1 (%1.5 NaCl+%1 MTGaz), T-2 (%0.75 NaCl+%1 MTGaz+%0.75 KCl), T-3 (%0.75 NaCl+%1 MTGaz+%0.75 MgCl<sub>2</sub>) ve T-4 (%0.75NaCl+%1 MTGaz+%0.375 KCl+%0.375 MgCl<sub>2</sub>)) serileri üretilerek duyu ve fizikokimyasal özelliklerini analiz etmişlerdir. Araştırma sonucunda MgCl<sub>2</sub>, KCl ve MTGaz uygulanmış örneklerin tuzun azaltılmasına alternatif

olabileceği, yeniden form kazandırılmış ürünler olarak da tüketiciler tarafından tercih edilebileceği belirtilmiştir (Canto vd. 2014).

Yapılan bir araştırmada, yan ürünlerin balık filetolarından elde edilmesiyle en verimli şekilde değerlendirilmesi amacıyla, MTGaz (Activa EB) kullanılarak, deri, kemik ve iç organların ayrılması sonrası, parçalanmış balık etlerini birleştirerek tilapia madalyonunu ismini verdikleri ürünü üretmişlerdir. Çalışmaya göre çeşitli oranlarda 500 g ham materyal için, %1 monosodyum glutamat, %0,5 MTGaz, %1,5 NaCl, %0,25 tripolifosfat, %1 soğan tozu, %1 sarımsak tozu ve %0,10 biber kullanmışlardır. Ayrıca örnekleri dondurulmuş olarak -18°C'den alarak, 0 ila 4°C de yaklaşık 12 saat çözündürme işlemine tabi tutmuşlar ardından ham madde ile katkı maddeleri eklenerek hazırlanan yuvarlak şekilde form verilmiş tilapia madalyonlarını 4 saat boyunca 5°C buzdolabı şartlarında olgunlaşmaya bırakmışlardır. Yaklaşık olarak 1,5 cm kalınlığında olan yuvarlak şekilde dilimlenerek polietilen ambalajlanarak mühürlenerek tilapia madalyonlarını, -86°C de depolamış ve 42 farklı panelistle birlikte duyu analizi yapmışlardır. MTGaz ilavesinin duyu açıdan kontrole göre örneklerde daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir. (Machado vd. 2014).

Düşük tuz içeren su ürünlerinin yeniden yapılandırılmasını hedefleyen bir araştırmada, istavrit (*Trachurus mediterraneus*) türü balığın NaCl (0, 10g/kg, 20 g/kg), MTGaz (Activa EB), 0, 5 g/kg, 10g/kg ile muamele edilerek sonuçları incelenmiştir. Duyusal açıdan en beğenilen, mikrobiyal açıdan daha dayanıklı olan, tekstürel kuvvet bakımından da en verimli sonuçlara sahip örneklerin, %1 MTGaz ve %2 NaCl içeren örnekler olduğu vurgulanmıştır. Farklı oranlarda MTGaz ve NaCl ilave edilerek yeniden yapılandırılmış istavrit etleri üzerinde yapılan çalışmaya göre, toplam sayılabilir bakteri, ve 2±2°C'de 4 günden kısa süreli depolanması sürecinde MTGaz ilaveli örnekler kontrol örneklerine göre daha verimli olarak vurgulanmıştır. Ayrıca ısı işlem uygulanmasından sonra depolanan örneklerin raf ömrünün çiğ ürünlere göre de daha uzun olduğu belirtilmiştir (Tzikas vd. 2015).

MTGaz uygulamasının et ürünlerinde yeniden yapılandırılmasına yönelik bir araştırmaya göre; Berlam (*Merluccius merluccius*) balığı etinin farklı sıcaklık ve kendi patentleri ve üretimleri olan enzim miktarları ile, yanıt yüzey metodolojisine tabii tutulması neticesi, 7°C'de 12 saat, 25°C'de 2 saat ile 40°C'de 15 dk uygulama yapılmış ayrıca, 15 g/kg tuz ve 300 U/kg da da gözlemlenmiştir. Bu gözlemler doğrultusunda 25°C'de 2 saat tutulan yeniden yapılandırılmış etlerin en efektif sonucu verdiğini belirtmişlerdir. Çalışmanın ikinci basamağındaysa, 150, 300, 600 ile 900 U/kg MTGaz uygulanarak en verimli ürün belirlenmek istenmiştir. Bu doğrultuda, 10 g/kg tuz içerikli ve 25°C'de 2 saat olgunlaşma işlemi görmüş ürünlerin MTGaz uygulamasıyla da yeniden yapılandırılmasının özellikle tekstürel açıdan olumlu sonuçlar verdiğini belirtilmiştir (Martelo-Vidal vd. 2016a).

Su ürünlerinden yeniden yapılandırılmış ürünler elde edilmesine yönelik bir araştırmaya göre, beyaz ton balığı (*Thunnus alalunga*) etleri kendi patentleri ve üretimleri olan MTGaz kullanılarak yeniden yapılandırılmış ve bu örneklerde tuzun azaltılmasına yönelik (15 g/kg) uygulamalar da yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından MTGaz ile oluşturulan örnekler yanıt yüzey metodolojisi gereği, olgunlaşma aşamasına alınarak, 4°C'de 12 saat, 25°C de 2 saat ve 40°C'de 20 dk bekletilmiştir. En iyi olgunlaşma sonuçlarının, 4°C'de 12 saat bekletilen örneklerde olduğu vurgulanmıştır.

Buna ek olarak MTGaz'ın 150, 300, 450 U/kg gibi miktarlarda uygulanmasıyla, daha önceden uygun sıcaklık olarak tespit edilen 4°C'de bu kez 6,12,18 saat gibi olgunlaşma süreleri incelenmiştir. Bu gözlem sonucuna göre 450 U/kg mikrobiyal transglutaminaz kullanılarak 4°C de 18 saat tutulan örnekler verimli bulunmuştur. Yapılan bu işlemlerin ardından, enzim uygulaması ile yeniden yapılandırılmış olan beyaz ton balığı etleri 90°C'de 40-45 dakika ısıtılarak işlem uygulamasına tabi tutulması ile birlikte buzlu suda yaklaşık 5-7 dk soğutulup, 4°C'de 12 saat bekletilmiştir. İlgili şartlar altında yeniden yapılandırılarak elde edilen beyaz ton balığı etlerini 4°C'de 12 gün boyunca depolanması esnasında; psikrofilik, mezofilik, anaerobik mikroorganizmalar, proteolitik bakteriler ve Enterobacteriaceae'nin tespiti için mikrobiyal analizler gerçekleştirilmiş, ayrıca ısıtılarak işlem uygulamasının mikroorganizmaları baskılamada kritik bir rol üstlendiği de belirtilmiştir (Martelo-Vidal vd. 2016b).

Bir kefal türü olan (*Mugil labrosus*) ve dana bifteğinin yeniden yapılandırılması için yapılan bir araştırmaya göre, kendi patentleri ve üretimleri olan 0.3 U/g MTGaz enzimi kullanılması üründe su tutma kapasitesini, renk niteliklerini ve tekstürel özellikleri iyileştirdiğini ayrıca ekonomik açıdan da ürünün maliyetini düşürerek atık ve yan ürünlerin daha iyi değerlendirilmesini sağladığını vurgulamışlardır (Castillejos vd. 2017).

Literatürdeki çalışmalar doğrultusunda su ürünlerinde MTGaz kullanımına yönelik araştırmalar Çizelge 2.2'de özetlenmiştir. Doğal ürünlerin önem kazandığı günümüzde katkı maddelerinin kullanımından kaçınılmaktadır. Oysa ki yapılan çalışmalarda MTGaz harici katkı maddelerinin kullanımı yaygın bir şekilde görülmektedir. Ayrıca, gerçekleştirilen çalışmalarda ürünlerin olgunlaştırılması amacıyla kullanılan MTGaz oranlarının nasıl belirlendiği, standart bir ürüne nasıl ulaşıldığı hakkında bilgilere yer verilmemiştir.

Ürünler için, yeniden yapılandırılma işleminde uygulanan en uygun sıcaklık ve sürenin nasıl belirlendiği ya da nasıl optimize edildiğine dair çalışmalarda yeterli açıklama bulunmamaktadır.

Ürünlere şekil verilmesi konusu da literatürde çeşitlilik göstermekte ve standart bir ürün ortaya çıkartılabilmesi için kullanılan kalıp ya da belirli baskı ağırlıkları ile ilgili bilgi eksikliği gözlemlenmektedir. Bir çok çalışmada benzer balık türleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında ülkemizde ve Akdeniz sahillerinde yaygın tüketimi olan levrek balığı hammadde olarak seçilmiştir. MTGaz ilavesi, olgunlaşma süresi ve baskı ağırlığı kullanılarak levrek etinin yeniden yapılandırılması işlemi optimize edilmiştir. Standart bir ürün elde edilmesi ile endüstriyel üretime olanak sağlayacak bir ürün üretilmesi hedeflenmiştir.

Araştırmamızda doğal ürünlere yönelim gösteren tüketici eğilimi dikkate alınarak, MTGaz dışında herhangi bir katkı maddesi kullanılmamış ve ürünün mümkün olduğunca doğal kalması sağlanmıştır. MTGaz ürünlere ilave edildiği birim kadar etkinlik göstermekte ve düşük miktarda ilave edilmesi halinde ürün yeterli ve verimli bir yapıya kavuşmamaktadır. Ayrıca çok fazla ilave edilmesi halinde ise ürünün sertlik

miktarı çok yükselmekte ve esnekliği ortadan kalkarak tüketilemez hale gelmektedir. Bu amaçla ürünlerin olgunlaşma süresi ile yeterli tekstürel yapıya, fiziko-kimyasal olgunluğa ulaşp ulaşmadığı takip edilerek, enerji, zaman ve ekonomik kayıpların da önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Ayrıca araştırmamızın ikinci kısmını teşkil eden  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de en uygun olduğu istatistiksel olarak tespit edilen ürünün depolanması ile de, endüstriyel anlamda yaygın olarak kullanılan raf ömrü uygulaması gerçekleştirilmiş ve fiziko-kimyasal analizler ile ürünün takibi yapılmıştır.

Yeniden yapılandırılmış su ürünleriyle ilgili olarak literatürde yer alan çalışmalar Çizelge 2.2'de aktarılmıştır.



**Çizelge 2.2. Yeniden yapılandırılmış su ürünlerinde MTGaz kullanımına yönelik çalışmalar**

| Ham madde                                                                           | MTGaz Kullanımı                                    | Yapılandırma İşlemi                                                                                                                                                                                               | Diğer Katkı Maddeleri                                                                                                                                                                                                            | Kaynak                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Gümüş sazan balığı ( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> )                           | 0 g/kg, 3 g/kg, 6 g/kg                             | Ezme ürüne 80 g/kg süktroz ilave edilmesi ardından -20°C'de 3 hafta dinlendirilmiştir. 40 °C'de 30 dk ve ardından 90°C'de 15 dakika ısıtılma işlemi uygulanmıştır.                                                | 80 g/kg süktroz, 0 g/kg, 10 g/kg, 20g/kg NaCl                                                                                                                                                                                    | Tellez-Luis vd. 2002     |
| Gümüş sazan balığı ( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> )                           | Activa TG/TI/<br>Activa WM<br>%0.3 MTGaz           | Ezme ürüne 80 g/kg süktroz ilave edilmesi ardından -20°C'de 3 hafta dinlendirilmiştir. 40°C'de 1sa.+90°C'de 20dk ısıtılma işlemi uygulanmıştır.                                                                   | 80 g süktroz, %1 sodyum kazeinat, %1 peyniraltı suyu proteini konsantratu (MTGaz yerine). %0, %1, %2 NaCl                                                                                                                        | Uresti vd. 2004          |
| Berlam balığı ( <i>Merluccius capensis</i> )                                        | Activa TG-TI/<br>Activa WM<br>3 g/kg MTGaz         | Peynir altı suyu proteini ile muamele edilen örneklerde ise yalnızca 20 g/kg tuz içeren örneklerde bir miktar mekanik özelliklerde gelişim gözlemlenmiştir.                                                       | 10 g/kg ve 20 g/kg NaCl, 10 g/kg peynir altı suyu proteini                                                                                                                                                                       | Ramirez ve De angel 2006 |
| Berlam balığı ( <i>Merluccius capensis</i> )                                        | Activa TG-TI/<br>Activa WM<br>0 veya 10 g/kg MTGaz | 10 g/kg MTGaz ile birlikte sodyum kazeinat kullanımının ardından 24 Saat boyunca olgulaştırılması ile aljinata göre daha iyi sonuç verdiği vurgulanmıştır.                                                        | Kalsiyum klorid<br>(1 g/kg veya 10g/kg) + (0 g/kg veya 10 g/kg) aljinat.<br>MTGaz ile birlikte (0 g/kg veya 10 g/kg NaCl) + (0 g/kg veya 15 g/kg) Sodyum kazeinat.                                                               | Moreno vd. 2008          |
| Alabalık ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ),<br>Berlam ( <i>Merluccius merluccius</i> ) | Activa TG-TI/<br>Activa WM<br>%0 veya %1 MTGaz     | Olgunlaşması ve jel özelliklerinin gelişmesi amacıyla 4°C'de 18 saat dinlendirilmiştir.                                                                                                                           | %0 veya %1.5 NaCl, %0 veya %1.5 sodyum kazeinat, %5 Su ve sadece berlam tüm katkı maddelerinden en yüksek içerdiği durumda %5 morina yağı.                                                                                       | Moreno vd. 2010a         |
| Berlam ( <i>Merluccius Capensis</i> )                                               | Activa TG-TI/<br>Activa WM<br>%0 veya %1 MTGaz     | Araştırmacılar fileto haline getirilen ürünleri vakumlu soğuk parçalama cihazı ile (M) ve kıyma makinesi ile (P) olmak üzere iki farklı şekilde parça haline getirmişlerdir. -15°C'de 5 ay boyunca depolanmıştır. | Sodyum aljinat ile hazırlanan seri: %1.5 NaCl, %0.5 veya %0.2 Sodyum aljinat, %0.1 CaCl <sub>2</sub> , %0.8 Nişasta<br>MTGaz ile hazırlanan seri: %4 veya %1.5 NaCl, %1 ve %0.5 MTGaz, %0.8 Sodyum kazeinat, %0.8 Nişasta %5 Su. | Moreno vd. 2010b         |
| <i>Micropogonias furnieri</i>                                                       | Activa TG-B<br>%0.5, %1 ve %1.5 MTGAZ              | 10°C'de 160 dk olgunlaşmaya alınmıştır.                                                                                                                                                                           | Filetolar sırayla 150mL'lik H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , CaCO <sub>3</sub> , NaCl, NaHCO <sub>3</sub> ve her aşamada su ile yıkanmıştır.                                                                                     | Gonçalves vd. 2010       |

Çizelge 2.2.'nin devamı

| Hammadde                                           | MTGaz Kullanımı                                                   | Yapılandırma İşlemi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Diğer Katkı Maddeleri                                                                                                                                                                                                            | Kaynak                  |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )                    | Activa TG-TI/<br>Activa WM<br>0 g/kg, 3 g/kg veya<br>6g/kg MTGaz. | Ezme ürün MTGaz içeriği 3 g/kg ve 6 g/kg kullanılarak 4°C'de 24 saat olgunlaşmaya bırakılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10 g/kg veya 20g/kg NaCl miyofibrillar proteinlerin çözünmesi ve lezzet gelişimi hedeflenmiştir.                                                                                                                                 | Andres-Bello vd. 2011   |
| Berlam ( <i>Merluccius Capensis</i> )              | Activa TG-TI/Activa WM<br>%0.5 veya %1 MTGaz                      | Araştırmacılar fileto haline getirilen ürünleri vakumlu soğuk parçalama cihazı ile (M) ve kıyma makinesi ile (P) olmak üzere iki farklı şekilde parça haline getirmişlerdir. 5°C'de 21 gün depolanmıştır.                                                                                                                                                                     | Sodyum aljinat ile hazırlanan seri: %1.5 NaCl, %0.5 veya %0.2 Sodyum aljinat, %0.1 CaCl <sub>2</sub> , %0.8 Nişasta<br>MTGaz ile hazırlanan seri: %4 veya %1.5 NaCl, %1 ve %0.5 MTGaz, %0.8 Sodyum kazeinat, %0.8 Nişasta %5 Su. | Moreno vd. 2013         |
| Caiman timsahı ( <i>Caiman crocodilus yacare</i> ) | Activa TG-TI/Activa WM<br>%0 veya %1 MTGaz                        | Caiman timsahı ( <i>Caiman crocodilus yacare</i> ) türünün boyun, bacak, kuyruk ve sırt etlerinden yeniden yapılandırılmış ürünler elde edilmiştir.                                                                                                                                                                                                                           | (Kontrol (1.5% NaCl), T-1 (%1.5 NaCl + %1 MTGaz), T-2 (%0.75 NaCl + %1 MTGaz + %0.75 KCl), T-3 (%0.75 NaCl + %1 MTGaz + %0.75 MgCl <sub>2</sub> ) ve T-4 (%0.75NaCl + %1 MTGaz + %0.375 KCl + %0.375 MgCl <sub>2</sub> ))        | Canto vd. 2014          |
| Tilapia                                            | Activa EB                                                         | Parçalanmış etlerin birleştirilmesi amacıyla, üretimi gerçekleştirerek 4 saat boyunca 5°C buzdolabı şartlarında olgunlaşmaya bırakmışlardır. Ardından -86 °C de depolamış ve analizler gerçekleştirilmiştir                                                                                                                                                                   | 500 g ham materyal için, %1 monosodyum glutamat, %0,5 MTGaz, %1,5 NaCl, %0,25 tripolifosfat, %1 soğan tozu, %1 sarımsak tozu ve %0,10 biber kullanmışlardır                                                                      | Machado vd. 2014        |
| Berlam ( <i>Merluccius merluccius</i> )            | Kendi üretimleri olan MTGaz.                                      | Berlam etine 7°C'de 12 saat, 25°C'de 2 saat ile 40°C'de 15 dk uygulama yapılmış ve 15 g/kg tuz ve 300 U/kg ilave edilmiştir. 25°C'de 2 saat olgunlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.<br>Çalışmanın ikinci kısmında ise 150, 300, 600 ile 900 U/kg MTGaz uygulanarak en efektif ürün belirlenmesi için 10 g/kg tuz içerikli ve 25°C'de 2 saat olgunlaşma işlemi yapılmıştır. | 10 g/kg veya 15 g/kg NaCl                                                                                                                                                                                                        | Martelo-Vidal vd. 2016a |
| Beyaz ton balığı ( <i>Thunnus alalunga</i> )       | Kendi üretimleri olan MTGaz.                                      | Olgunlaşma amacıyla 4°C de 12 saat, 25°C de 2 saat ve 40°C'de 20 dk ve 150U/kg, 300 U/kg, 450 U/kg enzim ile olgunlaşma denemesi yapılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                 | 15 g/kg NaCl                                                                                                                                                                                                                     | Martelo-Vidal vd. 2016b |
| Kefal ( <i>Mugil labrosus</i> )                    | Kendi üretimleri olan MTGaz.                                      | Kefal etine 0.3 U/g MTGaz ilave ile yeniden yapılandırma işlemi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                  | Castillejos vd. 2017    |
| İstavrit ( <i>Trachurus mediterraneus</i> )        | 0 g/kg, 5g/kg, 10 g/kg MTGaz                                      | İstavrit etlerinin yeniden yapılandırılması ile 2±2°C'de < 4 gün depolanması.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0 g/kg, 10 g/kg, 20 g/kg NaCl. En verimli örnekler %1 MTGaz ve %2 NaCl içerenler.                                                                                                                                                | Tzikas vd. 2015         |

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak ortalama boyları  $34.31 \pm 1.28$  cm ve ağırlığı  $347.14 \pm 26.42$  g olan taze levrek balıkları (*Dicentrarchus labrax*) kullanılmıştır. Hızla laboratuvara aktarılan balıklar  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de temizlenmiş, yıkanmış ve satır kullanılarak et parçaları haline getirilmiştir. Kalite kaybının yaşanmaması amacıyla et parçaları doğrudan yapılandırma işlemine tabi tutulmuştur. Levrek etinin yeniden yapılandırılması amacıyla kullanılan mikrobiyal transglutaminaz enzimi (MTGaz) Ajinomoto Foods Europe SAS Ajinomoto Foods Europa SAS (Enzim aktivitesi 60 birim/g Activa GS, Paris, Fransa) firmasından temin edilmiştir.

#### 3.2. Metod

##### 3.2.1. Balık etlerinin yeniden yapılandırılması

Yeniden yapılandırılmış balık etleri üretimi için uygun formülasyonun belirlenmesi amacıyla Yanıt Yüzey Metodu (Box ve Behnken, 1960) deneme deseni kullanılmıştır. Ön denemeler sonucu MTGaz enzim miktarı (%0, %0.16, %0.32), yapılandırma süresi (4, 14, 24 saat) ve baskılama ağırlığı (0 gf/cm<sup>2</sup>, 2.54 gf/cm<sup>2</sup> ve 5.09 gf/cm<sup>2</sup>) etkin bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Bu değişkenlerin çözünme kaybı, serbest amino asit miktarı ve ürünlerin sertlik düzeyleri üzerine etkisi incelemek amacıyla Yanıt Yüzey Metoduna bağlı olarak Box-Behnken deneme deseni oluşturulmuştur. Yeniden yapılandırılmış serilerin üretim şartlarının optimize edilmeye çalışıldığı deneme desenine ait parametreler ve deney koşulları (12+3) sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2'de sunulmuştur. Deneme deseninin oluşturulmasında Design Expert V.11 deneme sürümü kullanılmıştır.

**Çizelge 3.1.** Box-Behnken Yanıt Yüzey Metodu üretim parametreleri

| Değişken                                 | Minimum | Orta | Maksimum |
|------------------------------------------|---------|------|----------|
| MTGaz miktarı (%)                        | 0       | 0.16 | 0.32     |
| Baskılama ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | 0       | 2.54 | 5.09     |
| Yapılandırma süresi (saat)               | 4       | 14   | 24       |

Deneme deseninde belirtilen MTGaz enzimi (%0, %0.16 ve %0.32) her bir kalıp için 120 gramlık balık etine eklenerek homojen dağılması sağlanmıştır. Çap x uzunluğu = 50mm x 70mm olan kalıplar içerisinde bulunan et karışımlarına 0, 2.54 ve 5.09 gf/cm<sup>2</sup>'ye karşılık gelen 0, 50 ve 100 g ( $\pm 0.5$  g) (optimum örnek için  $3.56 \text{ gf/cm}^2 = 70 \pm 0.5$  g) krom ağırlıklar baskılama yapması amacıyla konulmuştur. İstatistik yazılımı kullanılarak Box-Behnken Yanıt Yüzey Metodu'nun yönlendirmesi sonucu oluşturulan 15 farklı örnek için yapılandırma süresi, baskılama ağırlığı ve MTGaz oranları belirlenmiştir.

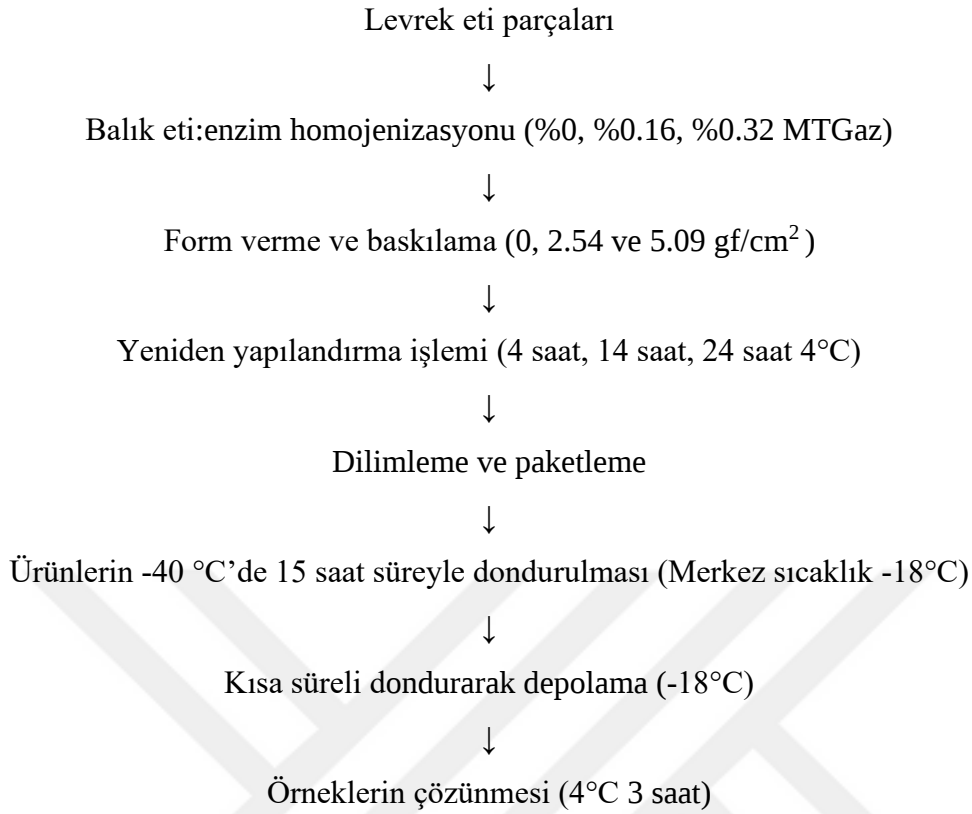
**Çizelge 3.2.** Box- Benkhen Yanıt Yüzey Metodu deneme deseni

| Örnek Serisi           | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) |
|------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| <i>S</i> <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 |
| <i>S</i> <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              |
| <i>S</i> <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              |
| <i>S</i> <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              |
| <i>S</i> <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 |
| <i>S</i> <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 |
| <i>S</i> <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              |
| <i>S</i> <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              |
| <i>S</i> <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              |
| <i>S</i> <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              |
| <i>S</i> <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              |
| <i>S</i> <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 |
| <i>S</i> <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              |
| <i>S</i> <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              |
| <i>S</i> <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              |

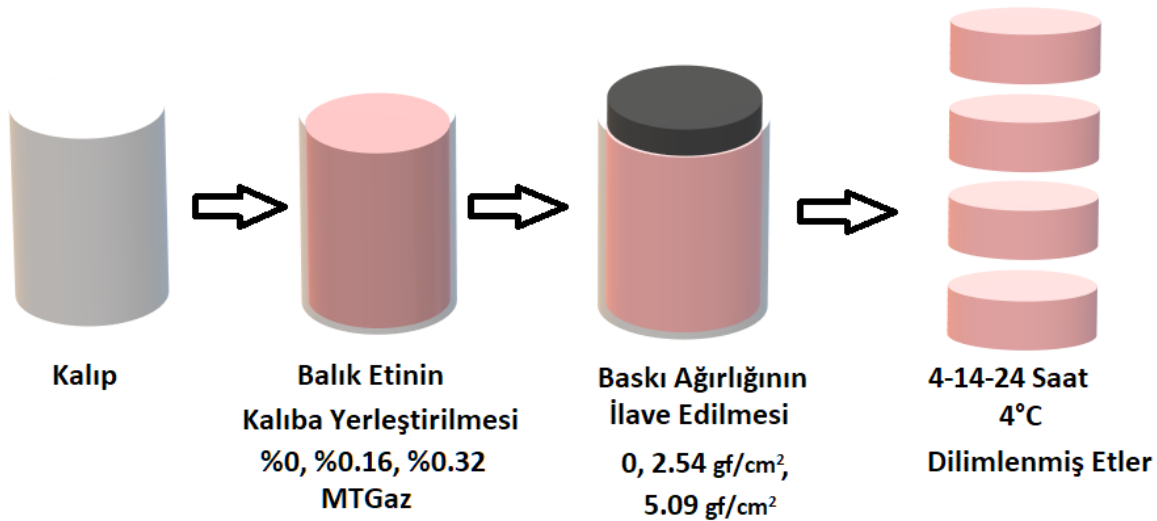
Üretimi gerçekleştirilen ürünler 4°C sıcaklıkta; 4 saat, 14 saat veya 24 saat yeniden yapılanmaya bırakılmıştır. Yapılandırma işlemi sonrası örnekler 30±1 g ağırlıkta ve yuvarlak forma sahip olacak şekilde dilimlenerek -40°C’de 15 saat dondurulmuş ve sonrasında -18°C’de 190x300 mm polietilen ambalajlar içerisinde depolamaya alınmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).

Analizler öncesi numuneler 4°C’de 3 saat süre ile çözülmüştür. Homojenize hale getirilen balık etlerinden örnekler alınarak, analizler iki paraleli olarak yürütülmüştür. Çalışmanın her aşaması iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında ise *S*<sub>16</sub> örneği (17.5 saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz) sunulan çözümler arasından en uygunu olarak tespit edilerek, 5 ay boyunca -18°C’de depolanarak kalite analizleri gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.1.** Yeniden yapılandırılmış balık etinin üretim akış şeması



**Şekil 3.2.** Yeniden yapılandırılmış balık eti üretimi

Hedeflenen en düşük çözünme kaybı, en düşük serbest amino asit miktarı ve ön denemelerle belirlenmiş en uygun sertlik (850±30 g) değerine ulaşmak olmuştur. Elde edilen bulgular Design Expert yazılım programına aktarılmış ve yeniden yapılandırılmış balık eti üretimi için optimum şartlar (MTGaz miktarı, yapılandırma süresi, baskılama ağırlığı)

belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında Yüzey Yanıt Metodu ile belirlenen en uygun üretim tekrar gerçekleştirilerek, dondurulmuş depolanması (-18°C) sürecindeki kalite değişimleri ayda bir yapılan analizlerle ortaya konulmuştur.

### 3.2.2. Analizler

#### 3.2.2.1. pH ölçümü

pH ölçümleri Manthey vd (1988)'a göre gerçekleştirilmiştir. Homojen hale getirilmiş örnekler 1:2 oranında distile su karıştırılmıştır. pH metre (Thermo Scientific Orion 3 Star) probunun karışımın içerisine daldırılması neticesi pH metrenin dijital ekranındaki değerler sabitlenidiğinde sonuçlar kaydedilmiştir. Tüm ölçümler aynı şartlar altında gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini

Yeniden yapılandırılmış balık etleri homojen hale getirilmiş ve ardından 500 ml hacimli cam balonlar içerisine (10 g) tartılarak, üzerlerine magnezyum oksit eklenmiştir. Su buharı distilasyonunda sıcaklık uygulaması neticesi ayrılan uçucu bazlar 0.1 N'lik hidroklorik asit içerisinde toplanmıştır. İşlemin geri titrasyon aşaması ise yine 0.1 N'lik sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak yapılmış ve TVB-N içeriği mg/100g olarak ifade edilmiştir (Schormuller 1968).

#### 3.2.2.3. Totox değeri

Birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerinin toplamını belirten Totox değeri, ürüne ait peroksit değerlerini ve para-anisidin değerlerini içermektedir. Totox değerine ait formül şu şekildedir;

$$\text{Totox Değeri} = (2 \text{ PV} + \text{p-AV})$$

PV: Peroksit Değeri AV: p-anisidin değeri

*Peroksit analizi (PV)*

Lipit oksidasyonunun ilk aşamasında meydana gelen birincil oksidasyon ürünlerinin miktarları peroksit analizi ile tespit edilebilmektedir. Bu amaçla numunelerden elde edilen 1 g yağ üzerlerine kloroform: glacial asetik asit (1:1.5) ve potasyum iyodür eklenerek, karanlıkta bekletilmiştir. Analizin devamında ise nişasta indikatörü eşliğinde 0.01 N'lik sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. Sonuçlar meq/kg yağ olarak ifade edilmiş ve aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır (AOAC 1990).

$$\text{PV (meq/kg)} = K \times (V - V_0) \times 12.69 \times 78.8/w$$

K = Konsantrasyon 0.01 (mol/l)

V = Harcanan örnek (ml)

V<sub>0</sub> = Kör (ml)

W = Örnek ağırlığı (g)

*Para- anisidin değeri (p-AV)*

Para-anisidin değeri ikincil oksidasyon ürünlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Numunelerden elde edilen 0.5 g yağın 25 ml n-hekzan içerisinde çözünmesi ile (A1) örnekleri ortaya çıkmıştır. Analizin devamında ise çözeltiden alınan 5 ml üzerine 1 ml para-anisidin standardı eklenmiştir. Karanlık ortamda 10 dakikalık bekleme süresine alınan örneklerin (A2) spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution 160 UV-VIS) 350 nm’lik dalga boyunda kör örneğine karşı ölçümleri yapılmıştır. Meydana gelen sonuçlar aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (IUPAC 1987).

$$p-AV = 25 ( 1.2 \times ( A2 - A1 ) ) / \text{örnek ağırlığı}$$

A1 = Para - anisidin eklenmeden önce 350 nm’deki absorbans

A2 = Para- anisidin eklendikten sonra 350 nm’deki absorbans

#### 3.2.2.4. Toplam serbest amino asit tayini

Toplam serbest amino asit tayini Yokoyama ve Hiramatsu (2003)’nun belirttiği yöntem doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu analize göre yapılandırılmış numuneden alınan 2 g örnek üzerine 17 ml 0.2 M’lık perklorik asit çözeltisiyle birlikte 5 ml’lik metanol ilave edilmiş, çözelti ultraturax cihazı ile 12000 devirde 2 ila 3 dakika iyice çözünüp homojenize edilmiştir. Ultrasonik banyoda 15 dakika bekletilen karışım, 3250 rpm de 30 dakika olmak üzere santrifüj edilmiş ve sonrasında supernatant Whatman 41 filtre kağıdından süzölmüştür. Ekstraksiyona tabii tutulan örneklerden 1 ml’lik kısım deney tüplerine aktararak üzerlerine sodyum sitrat tamponundan (pH 5.0, 2 ml 0.5 M) ilave edilmiş ve sonrasında ise 1 ml’lik ninhidrin ayırıcı eklenerek, renklenmesi sağlanmıştır. Kaynar su banyosunda 15 dakika bekletildikten sonra örnekler buz içerisinde hızla soğutulmuştur. Ardından 1 ml’lik %60 oranında etanol çözeltisinin eklenmesiyle birlikte 570 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar glutamik asit kullanılarak oluşturulan standart eğrilere göre gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.2.5. Su aktivitesi analizi

Su aktivite değerinin ölçülmesi amacıyla örnekler 4°C’de çözündürülmüş ve su aktivitesi ölçme cihazı (Aqua Lab 4TE DUO) ile analiz gerçekleştirilmiştir. Cihazın örnek kabına 1 g numune konularak oda sıcaklığında (25±0.5°C) denge nem değerine ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Denge haline ulaşmasının ardından su aktivite değeri kaydedilmiştir.

#### 3.2.2.6. Toplam psikrofilik ve mezofilik bakteri sayısı

Mikrobiyolojik analizler için, homojenize hale getirilmiş 10 g ağırlıktaki numunelerin üzerlerine steril %0.1’lik peptonlu sudan 90 ml ilave edilmesinin ardından stomacher cihazında (Interscience-Bigmixer) homojenize edilmiştir. Desimal dilisyonlardan bir seri hazırlanarak yapılan mikrobiyolojik ekimler yayma ekim yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Toplam psikrofil ve mezofil aerob bakteri (TPAB, TMAB) sayımları için Plate Count Agar (PCA)

kullanılmıştır. Psikrofilik bakteri örneklerini içeren petriler 10°C’de 8 gün, mezofilik bakteri örneklerini içeren örnekler ise 37°C’de 2 gün inkübe edilmiştir (Anonim, 1998).

### 3.2.2.7. Çözünme kaybı analizi

Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin 4 saat, 14 saat ve 24 saatlik yapılandırma sürelerinin tamamlanmasının ardından yuvarlak biçimde dilimlenerek hassas terazi yardımıyla tartımları gerçekleştirilmiştir. Ardından -40°C’de yaklaşık 15 saat boyunca dondurulan ürünler bu işlemin hemen sonrasında -18°C’de dondurarak depolanmaya alınmıştır. 4°C’de çözme işleminden sonra tekrar tartımları gerçekleştirilerek dondurma ve çözünmeye bağlı su kaybı miktarı hesaplanmıştır.

### 3.2.2.8. Renk ölçümleri

Renk ölçüm cihazı (CR-400 Minolta Chromometer) ile gerçekleştirilen okumalar, ölçüm öncesi beyaz standart magnezyum oksit plaka ile kalibre edilmiştir. Yeniden yapılandırılmış balık etlerinin 30’ar gramlık yuvarlak yüzeylerinden ölçümler yapılmıştır. Yuvarlak formda olan her bir örneğin, 4 farklı noktasından yapılan ölçümler neticesi elde edilen tüm verilerin ortalama değerleri ve standart sapmaları dikkate alınarak sonuçlar belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerde L\* değeri (parlaklık), +a\* değeri (kırmızılık), -a\* değeri (yeşillik), +b\* değeri (sarılık), -b\* değeri ise maviliği ifade etmektedir.

### 3.2.2.9. Duyusal analizler

MTGaz yardımıyla yeniden yapılandırılarak form verilmiş levrek eti henüz marketlerde yer almadığı yeni bir üründür. Bu ürünün tanımlanmasında lezzet, koku, doku ve görünüş karakteristikleri değerlendirilmiştir. Su ürünleri tüketimi konusunda deneyimi ön planda tutularak seçilen panelistlere önce balık madalyonu terminolojisinin geliştirilmesi, sonra da derecelendirme konularında eğitim verilmiştir. Terminolojinin geliştirilmesi amacıyla her bir duyusal parametre (lezzet, koku, görünüş, tekstür) için literatürde yer alan tanımlayıcı terimlerden 25’er tanesi panelistlere aktarılmıştır. Panelistler tarafından oluşturulan ilave tanımlamaların değerlendirme kartlarında yer alması sağlanmıştır (Çizelge 3.3-3.6). Yeniden yapılandırılmış balık ürünleri için net olarak ortaya çıkan tanımlamalar skalaya aktararak kantitatif derecelendirmeye tabi tutulmuştur.

**Çizelge 3.3. Görünüş için duyusal analiz değerlendirme parametreleri**

| NİTELİK                   | GÖRÜNÜŞ                                                                                    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Renk</b>               | Cisimlerin yansıttığı ışığın gözde oluşturduğu algı                                        |
| <b>Dokuda homojenlik</b>  | Ürünün her kısmının eşit görünmesi (granüllü, gözenekli, tanecikli yapı bulunmaması)       |
| <b>Şekilde homojenlik</b> | Ürün formunun bozulmadan korunması, düzgün/homojen kalması                                 |
| <b>Elastikiyet</b>        | Gerilme, sıkışma, biçim değişimi gibi etmenlere karşı ürünün ilk haline dönebilme yeteneği |
| <b>Islaklık/kuruluk</b>   | Kuruluk: sulu ya da nemli görüntüsü olmayan, Islak: su neticesi nemli durumda olması       |
| <b>Opaklık/parlaklık</b>  | Üründeki ışığın geri yansıtılması ya da bulanık görünme hali                               |

**Çizelge 3.4. Koku için duyuusal analiz değerdendirme parametreleri**

| NİTELİK                 | KOKU                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| Deniz/deniz yosunu      | Denizin taze kokusu, ferahlığı                      |
| Ransit                  | Bozulmuş, beklemiş yağdan kaynaklı acılık           |
| Metal                   | Ağızda oluşan metalik/bakırsülfat tadı              |
| Bozuk balık/Çürük yosun | Balığın ağır kokusu, deniz yosununun çürümüş kokusu |
| Sülfür/amonyak          | Çürük yumurta benzeri, keskin koku                  |
| İlaç                    | Karakteristik ilaç kokusu                           |

**Çizelge 3.5. Lezzet için duyuusal analiz değerdendirme parametreleri**

| NİTELİK              | LEZZET                                     |
|----------------------|--------------------------------------------|
| Balıksı/deniz yosunu | Balığın ve denizin ferah kokusu ve lezzeti |
| Amonyaklı/sülfürlü   | Çürük yumurta tadı, keskin tat             |
| Baharatlı            | Baharatların oluşturduğu tat               |
| İlaç tadı            | İlacın sebep olduğu tat                    |
| Ransid               | Bozulmuş, beklemiş yağın oluşturduğu tat   |
| Tuzluluk             | Sofralık tuzun oluşturduğu temel tat       |

**Çizelge 3.6. Tekstür için duyuusal analiz değerdendirme parametreleri**

| NİTELİK            | TEKSTÜR                                                          |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|
| Sertlik-sıkılık    | Ürünün dişlere uyguladığı kuvvet veya ürüne uygulanan sıkıştırma |
| Sakızimsılık       | Yutmadan önceki çiğneme miktarı                                  |
| Yağlılık/kayganlık | Ağızda kalan yağ miktarı, ürünün kolayca yutulabilmesi           |
| Yapışkanlık        | Ürünün çiğneme esnasında ağıza yapışması                         |
| Sululuk            | Ürünün içerdığı su miktarının ağızda bıraktığı nem               |
| Partiküllü         | Ürünün parçalı olup olmaması, ağızda bıraktığı partikül miktarı  |

Balık tüketim alışkanlığı olan panelistler tarafından duyuusal analizler gerçekleştirilmiştir. Yaşları 20-60 arasında değişen 39 panelist (19 kadın, 20 erkek) panelde yer almıştır. Ürünler 4°C’de çözülmesinin ardından 180°C kızgın sıvı ayçiçeğı yağı içerisinde 150 sn süre ile ısıtılma tabi tutulmuştur. Rastgele kodlanan ürünler ılık halde beyaz plastik tabaklarda panelistlere sunulmuştur. Ağız nötrlenmesi amacıyla su kullanılmıştır. Derecelendirme için 9 puanlık hedonik skala kullanılmış ve reddedilme derecesi “0” olarak kabul edilmiştir. Panelistler tarafından verilen puanların ortalamaları alınmış ve her karakteristiğın ortalama puanları toplanarak toplam duyuusal kalite değerdendirilmiştir.

### 3.2.2.10. Tekstür profil analizi

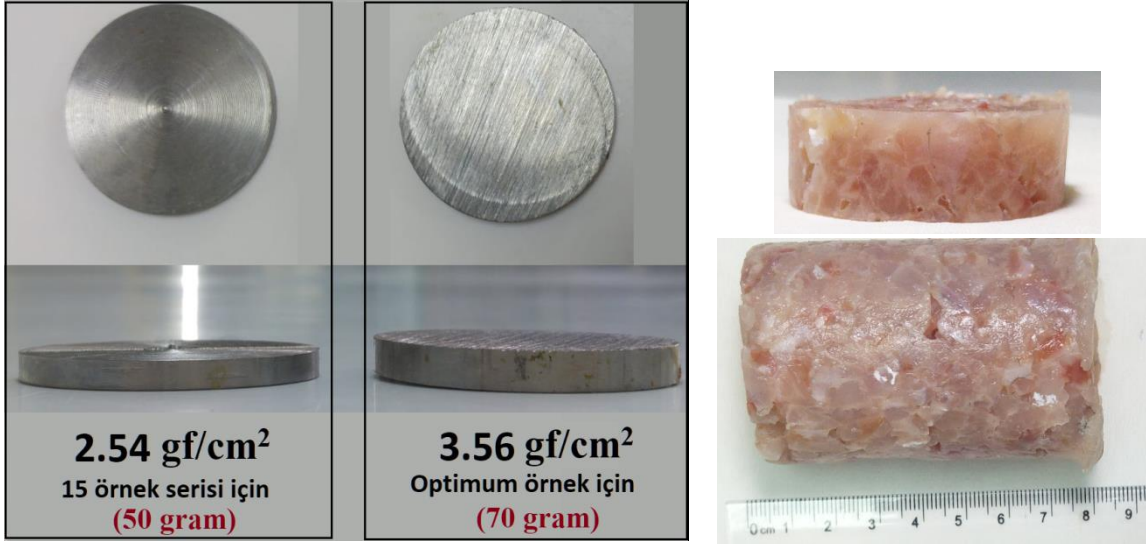
Yapılandırma sonrası form almış olan levrek etlerinde tekstür profil analizleri ölçümü 5 kg'lık yük hücresine ve 35 mm çapındaki silindirik proba (SMSP35) sahip TA-XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, İngiltere) tekstür analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Prob numunenin %40 derinliğine dalacak şekilde programlanmış ve temas ettiği andan itibaren 5 mm/sn hız ile iki ardışık sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Analizler her bir örnek için üç paralelli gerçekleştirilerek ortalamaları istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Çalışmanın ilk kısmında ürünlerin sertlik verileri incelenmiş olup, ikinci kısmında sertlik değerine ilave olarak yapışkanlık, elastikiyet, kohezyon, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri de incelemeye alınmıştır (Şekil 5).



Şekil 3.3. Tekstür profil analizi uygulaması

### 3.2.2.11. Gözenek ve boyut ölçümleri

Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin, 4, 14 ve 24 saat yeniden yapılandırma üretimlerinin ardından yuvarlak biçimde kesilmeleri sonrasında kumpas ve hassas terazi kullanılarak, ağırlık, çap ve kalınlıkları ölçülerek hacim hesabı yapılmış, ayrıca optimum boyutların ve gözenek büyüklüklerinin belirlenmesi için görüntü tarama yazılımı (ImageJ) kullanılmıştır (Schneider vd. 2012, Schindelin vd. 2012, Schindelin vd. 2015). Fotoğraflama için 6500 Kelvin ve 806 Lümen parlaklığa sahip ışık kullanılmıştır. Bunun için her bir örnekten iki adet fotoğraf çekilerek iki tekerrürlü gerçekleştirilen üretimlerde toplam 240 adet fotoğraf taranmıştır. Çalışmanın ikinci kısmını oluşturan depolama kısmında ise tek adet üretilen örnek için paralel ve tekerrürleri açısından yine aynı işlemler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).



Şekil 3.4. Yeniden yapılandırılmış balık eti ürünleri ve baskılama ağırlıklarına ait fotoğraflar



Şekil 3.5. Boyut ve gözenek ölçümlerinin bilgisayar yazılımı ile gerçekleştirilmesi

### 3.2.2.12. Taramalı elektron mikroskobu analizi

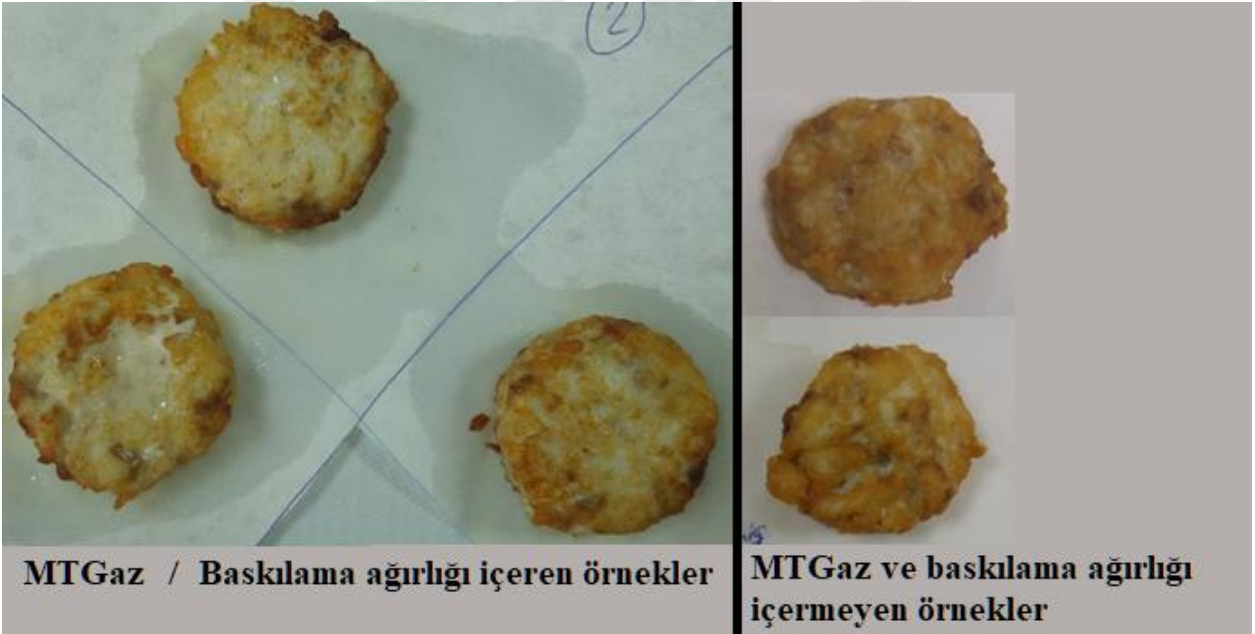
Yeniden yapılandırılmış balık ürünlerinin morfolojik özellikleri Akdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesinde bulunan taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Carl Zeiss Leo 1430) kullanılarak yapılmıştır. Elektron mikroskobunun karbon plakaları üzerine konulan örnekler ince bir altın tabaka ile kaplandıktan sonra 15 kV uygulanarak ölçümler yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri farklı işlemler uygulanmış örneklerin yüzeylerinin karşılaştırması amacıyla kullanılmıştır.



**Şekil 3.6.** Taramalı elektron mikroskobu ve örneklerin altınla kaplanması

### 3.2.2.13. Isıl işlem sonrası ürünlerde meydana gelen değişimler

Çalışma süresince duyu analizlerin gerçekleştirilmesi amacıyla, endüstriyel olarak yaygınca kullanılan hızlı ve lezzetli bir pişirme yöntemi olan 180°C’de kızgın yağa daldırılan örnekler 150 saniye boyunca pişirilmiştir. Pişirme sonrası örneklerde meydana gelen çap, kalınlık ve ağırlık değişimleri hassas terazi ve kumpas kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).



**Şekil 3.7.** Bazı örneklerin ısı işlem sonrası görünüşleri

### 3.2.2.14. İstatistiksel değerlendirme

İstatistiksel analizler SAS University yazılımı (Statistical Analysis System, Cary, NC, USA) ile gerçekleştirilmiştir. Farklı gözlemlenen sonuçlara Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanarak, istatistiksel açıdan anlamlandırılmıştır (Düzgüneş vd 1987). Deneme deseninin oluşturulması, regresyon analizi, istatistiksel analizler, yanıt yüzey grafiklerinin oluşturulması ve optimizasyonu ise Design Expert Versiyon 11 deneme sürümü ile gerçekleştirilmiştir.

Meydana gelen modellerin deneysel sonuçları karşılama durumu varyans analizi (ANOVA) ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analizine göre her bir bağımsız değişken lineer, etkileşim ve kuadratik modellere göre oluşan sonuçlarının yanıtlar açısından önemleri %95 güven aralığında Fischer (F-Testi) sayesinde tespit edilmiştir. Modele ait hesaplanmış olan değerler ise; regresyon katsayısı ( $R^2$ ), beklenen regresyon katsayısı ( $R^2_{\text{predicted}}$ ), düzeltilmiş regresyon katsayısı ( $R^2_{\text{adjusted}}$ ), varyasyon katsayısını ifade eden (%C.V.), yeterli kesinliği ifade eden (adequate precision) değerleri gibi hesaplamalar ile gerçekleştirilmiştir. Modele ait “p değeri <0.05” olduğunda, (eğer hesaplanmışsa) uyum eksikliğine ait “p değeri >0.05” olduğu durumlarda ve yeterli kesinlik olarak ifade edilen değer ise “>4” olduğu şartlarda modelin uygun ve yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Optimizasyon neticesi elde edilen tahmini ve deneysel değerler arasındaki istatistiksel farkın tespiti için ise SAS University uygulaması kullanılmıştır. Kuadratik model için Yanıt Yüzey Metodu’na göre kullanılan ve üç boyutlu grafiklerin de oluşturulmasına yarayan ikinci dereceden polinom denklem şu şekildedir;

$$T = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_{11} X_1^2 + \alpha_{22} X_2^2 + \alpha_{33} X_3^2 + \alpha_{12} X_1 X_2 + \alpha_{13} X_1 X_3 + \alpha_{23} X_2 X_3$$

T = Yanıt (Bağımlı değişken: Toplam serbest amino asit, çözünme kaybı, sertlik değeri)

$X_i$  = Bağımsız değişken (MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı, yapılandırma süresi)

$\alpha$  = Regresyon katsayısı

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. Yanıt Yüzey Metodu ile Üretilen Örneklerle Ait Bulgular

###### 4.1.1. Çözünme kaybı bulguları

Dondurma işleminin hedefi gıda içerisinde bulunan kullanılabilir suyun buz kristallerine dönüştürülmesidir. Bu sayede ürünün sıcaklığı düşürülerek, merkez noktanın 0°C'nin altına indirilmesi sonucu kimyasal reaksiyonların etkinliğinin, mikrobiyal faaliyetlerin ve dokulardaki yapısal bozulmaların yavaşlatılması ile ürün kalitesinin uzun süre korunması sağlanabilmektedir. Geleneksel açıdan çözünme işlemlerinde güvenli sonuç alabilmek için ise dondurulmuş ürünün +4°C'de (buzdolabı) muhafaza edilerek çözündürülmesi önerilmektedir. Ürünün çözünmesi sırasında damlama kaybı oluşabilmekte ve bu durum mikrobiyal gelişime olanak sağlamakta, ayrıca renk bozulmalarına, besin değerlerinin kaybolmasına, enzimatik faaliyetlerin hızlanmasına da sebep olabilmektedir. Dondurulmuş ürünlerin sahip olduğu suyu bünyesinde tutma oranları, dondurulmuş depolama sırasında buz kristallerinin büyümesinden ve dağılımından etkilenmektedir (Gökoğlu 2002; Moreno vd. 2010; Bozkır vd. 2014; Çokgezme ve İçier 2016).

Farklı oranlarda MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi parametrelerinin uygulandığı yeniden yapılandırılmış levrek etleri 4±2°C'de MTGaz aktivasyonu ve baskılama ağırlığının etkinliği sonrasında, -18°C'de dondurulmuştur. Buzdolabı (4±2°C) koşullarında gerçekleştirilen çözündürme işlemi ile ortaya çıkan çözünme kaybı değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin çözünme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 14   | 0.17319418 | 344.99** |
| Hata                 | 15   | 0.00050203 |          |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Tespit edilen değerler açısından, MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı parametrelerinin çözünme kaybı değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli (p<0.01) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Çeşitli uygulama gruplarındaki levrek etlerinin çözünme kaybı değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin çözünme kaybı değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

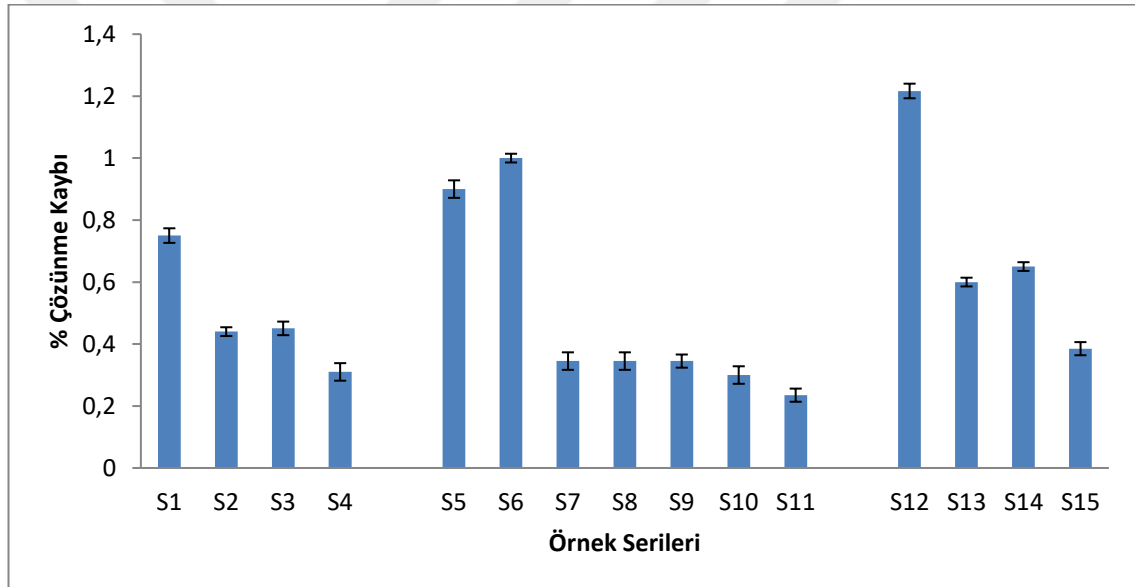
| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Çözünme Kaybı (%)     |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 0.7450 d              |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 0.4400 g              |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 0.4505 g              |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 0.3100 ı              |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 0.9000 c              |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 1.0000 b              |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.3450 h <sub>1</sub> |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.3450 h <sub>1</sub> |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.3450 h <sub>1</sub> |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 0.3000 ı              |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 0.2350 i              |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 1.2150 a              |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 0.6000 f              |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 0.6500 e              |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 0.3850 h              |

\*Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Yanıt Yüzey Metodu'na göre 4°C'de yapılandırmaya tabii tutulan örnek serileri, çözünme kaybı analizi bulguları açısından farklılık göstermiştir. Örnek serileri arasında S<sub>1</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örneği baskılama ağırlığı içermesine karşın, MTGaz içermemektedir. Bu örnek için çözünme kaybı değerleri %0.75±0.02 olarak gözlemlenmiştir. MTGaz içeren diğer tüm örnek gruplarına kıyasla çözünme kaybı değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak, S<sub>4</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneğinde ise çözünme kaybının %0.31±0.02 ile en düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu örnekte düşük baskılama ağırlığı ve yüksek oranda MTGaz bulunmaktadır. Dolayısıyla baskılama ağırlığı ile MTGaz parametrelerinin kombinasyonunun üründe yeniden yapılanmayı teşvik ettiği ve çözünme kaybını sınırlandırdığı tespit edilmiştir.

Örnekler arasında 14 saatlik yapılanma süresine tabii tutulan gruplar arasında, baskılama ağırlığı içermeyen ve MTGaz içermeyen (S<sub>5</sub>: 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0) grup için çözünme kaybı değerleri %0.90±0.02 olarak gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, sadece baskılama ağırlığı içerip, MTGaz içermeyen örnek grubu (S<sub>6</sub>: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0) için %1.00±0.01 olan çözünme kaybı değerleri de yüksek seviyede tespit edilmiştir. Baskılama ağırlığı ile MTGaz kombinasyonunu birlikte içeren örnek gruplarında (S<sub>11</sub>: 14S-5.09gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %0.235±0.00) çözme kaybı değerleri daha düşük gözlemlenmiştir.

Yeniden yapılandırma süresi 24 saat olan örnekler açısından ise, sadece baskılama ağırlığı içeren ancak MTGaz içermeyen ( $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %1.21±0.02) örnek grubunun çözünme kaybı değerlerinin en yüksek seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Baskılama ağırlığı içermeyip, düşük oranda MTGaz içeren örnekte ise ( $S_{13}$ : 24S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için %0.60±0.01), çözünme kaybı değerleri süre artışıyla birlikte yavaş artış göstermiştir. Buna ek olarak yüksek oranda MTGaz ve düşük oranda baskılama ağırlığı içeren ( $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %0.38±0.02) örnekte süre artışına rağmen bu süreye sahip örnekler arasında en düşük çözünme kaybı sonuçları elde edilmiştir. Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen 15 adet örnek serisinde, çözünme kaybı değerleri incelenmiş ve MTGaz içermeyen örneklerin çözünme kaybı değerleri, MTGaz içeren örneklerle göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örnek gruplarında, özellikle ( $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) 14. saate ait örneklerde çözünme kaybı değerleri daha düşük olarak gözlemlenmiştir. Ancak örneklerin 24 saat yeniden yapılanma süresine ulaşılması halinde MTGaz ve baskılama ağırlığı içermelerine karşın çözünme kaybının yine de arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.1).



S<sub>1</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>2</sub>: 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>3</sub>: 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>4</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>5</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>6</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>7</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>8</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>9</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>10</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>11</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>12</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>13</sub>: 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>14</sub>: 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>15</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.1** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin çözünme kaybı değerleri

Alaska mezgitinden üretilen surimi üzerinde yapılan bir araştırmada 12 haftalık dondurma süresince -30°C, -20°C ve -10°C'de dondurma ve çözündürme işlemleri neticesinde ürünlerde çözünme kaybının en yüksek -10°C'de dondurulan ürünlerde olduğu ve düşük sıcaklıklarda depolamanın ve çözündürme tekniklerinin ürünün kalitesine etki ettiği vurgulanmıştır. Yeni yapılan araştırmalarda MTGaz kullanımının ürünlerde daha sıkı bir yapı oluşturduğu, glutamin-lizin çapraz bağlanmasını artırarak (elektron mikroskobu altında da gözlemlenebilen) nemi tutmaya elverişli jelimsi protein ağı meydana getirdiğini, serbest halde bulunan suyun buz kristallerine dönüşerek stabil hale

geldiği, dokular arası su geçişinin azalması sonucunda ürün kalitesinin korunduğu, dolayısıyla MTGaz kullanımının çözünme kaybı açısından verimli sonuçlar ortaya çıkarttığını belirtmişlerdir (Jia vd. 2019, Luo vd. 2020).

Hafezparast-Moadab vd. (2018)'nin bildirdiğine göre, dondurma ve çözündürme işlemleri sırasında ürünlerde su kaybının artmasına bağlı olarak aroma, lezzet ve tekstürel özelliklerin kaybolabildiği, bu durumun protein denatürasyonu kaynaklı olduğu ve hatta kas liflerinde meydana gelen zayıflamanın da bu durumla ilişkili olduğu belirtilmektedir.

Atlantik somonu (*Salmo salar*) filetoları üzerinde yapılan bir araştırmada, küp şeklinde kesilen etlerin 4°C'de 96 saat bekletilmesinin ardından, çözünme kaybı açısından toplam değerlerin  $20.40 \pm 12.17$  olduğu belirtilmiştir. Çözünme kaybının ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olduğunu ve ürünlerin farklı yerlerden taşınarak getirilmesinin de bu durumu etkileyebildiği vurgulanmıştır. Bu açıdan farklı ülkelerden temin edilen somon balıklarının çözünme kayıpları incelenmiş ve İskoçya'dan temin edilen balıklarda  $16.04 \pm 9.10$ , Norveç'ten temin edilen balıklarda  $18.10 \pm 7.66$  ve İrlanda'dan temin edilen balıklarda ise  $27.77 \pm 15.43$  olarak çözünme kayıpları gözlemlenmiştir (He vd. 2014).

Literatürdeki çalışmalar doğrultusunda, üretimi gerçekleştirilen ürünün yapısıyla birebir aynı özelliklere sahip ürün tespit edilememiştir. Buna ek olarak fileto, surimi gibi ürünlerin dondurma ve çözündürme sonrası ya da farklı sıcaklıklarda dinlendirilmesi neticesinde çözünme kayıplarının MTGaz oranı ve diğer katkı maddelerini içermesine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmektedir. Araştırmamızda da MTGaz oranı arttıkça çözünme kaybı değerleri azalmış, ürün daha sıkı ve stabil bir dokuya sahip olmuştur. Daha detaylı yorumlamalar ise varyans analiz sonuçları doğrultusunda ortaya çıkan grafiklere göre elde edilmiştir.

Çizelge 4.3.'te yer alan varyans analizi modeline göre, belirtilen model değerinin önemli ve yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Yanıt Yüzey Metodu'na dayanılarak üretilen ürünlere ait çözünme kaybı bulgularının en verimli şekilde değerlendirilebilmesi için, yazılım tarafından önerilen ve üç boyutlu grafiklerin dizaynına imkan tanıyan, "Kuadratik" model kullanılmıştır. A parametresi olan MTGaz miktarı ve C parametresi olan yapılandırma süresinin ürünlerde çözünme kaybını etkileyecek düzeyde 1. derecede önemi olduğu tespit edilmiştir. Baskılama ağırlığı (B) ise tek başına hedeflendiği amaç doğrultusunda ürünlerde yalnızca şekil verme özelliği göstermiş ancak istatistiksel açıdan ürünlerde çözünme kaybını önemli düzeyde etkilemeyerek, önem seviyesi 2. derecede kalmıştır. Aynı zamanda  $R^2$  değeri 0.9957 olarak bulunmuş olup, deneysel verilerdeki değişkenliğin %99.57'unun bu model ile açıklanabildiğini göstermektedir. Düzeltilmiş  $R^2$  ise 0.9880 olarak tespit edilerek öngörülen ve deneysel sonuçlar arasında paralellliği ifade etmektedir. Beklenen  $R^2$  değerinin ise 0.9317 olması, bu modelin yeni gözlemlerin tahmininde değişkenliğin %93.17'sini açıklayabileceğini belirtmektedir. Düzeltilmiş  $R^2$  değeri ile beklenen  $R^2$  değeri arasındaki farkın 0.2'den küçük olmasıyla sonuçlar kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Ayrıca 4'ün üzerinde çıkması beklenen "yeterli hassasiyet" değeri 36.23 olarak tespit edilmiştir. Buna ek olarak %10'un altında olması gereken C.V.% değeri 5.83 olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Çözünme kaybı değeri varyans (ANOVA) analiz sonuçları

| Kaynak                         | Kareler<br>Toplamı | Df | Kareler<br>Ortalaması | p-Değeri<br>Prob>F |
|--------------------------------|--------------------|----|-----------------------|--------------------|
| <b>Model</b>                   | 1.20               | 9  | 0.1336                | <b>&lt;0.0001*</b> |
| <b>A = MTGaz miktarı</b>       | 0.8646             | 1  | 0.8646                | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>B = Baskılama ağırlığı</b>  | 0.0011             | 1  | 0.0011                | 0.3435             |
| <b>C = Yapılandırma süresi</b> | 0.1001             | 1  | 0.1001                | <b>0.0002</b>      |
| <b>AB</b>                      | 0.0068             | 1  | 0.0068                | 0.0501             |
| <b>AC</b>                      | 0.0371             | 1  | 0.0371                | 0.0019             |
| <b>BC</b>                      | 0.0004             | 1  | 0.0004                | 0.5607             |
| <b>A<sup>2</sup></b>           | 0.1422             | 5  | 0.1422                | <0.0001            |
| <b>B<sup>2</sup></b>           | 0.0168             | 3  | 0.0168                | 0.0099             |
| <b>C<sup>2</sup></b>           | 0.0554             | 2  | 0.0554                | 0.0007             |
| <b>Artık Değer</b>             | 0.0052             | 5  | 0.0017                |                    |
| <b>Uyum Eksikliği</b>          | 0.0052             | 3  | 0.0017                |                    |
| <b>Saf Hata</b>                | 0.0000             | 2  | 0.0000                |                    |
| <b>Düzeltilmiş Toplam</b>      | 1.21               | 14 |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup></b>           | 0.9957             |    |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup>adj.</b>       | 0.9880             |    |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup>pred.</b>      | 0.9317             |    |                       |                    |
| <b>Standart Sapma</b>          | 0.0321             |    |                       |                    |
| <b>Ortalama</b>                | 0.5510             |    |                       |                    |
| <b>Yeterli Hassasiyet</b>      | 36.2316            |    |                       |                    |
| <b>C.V. %</b>                  | 5.83               |    |                       |                    |

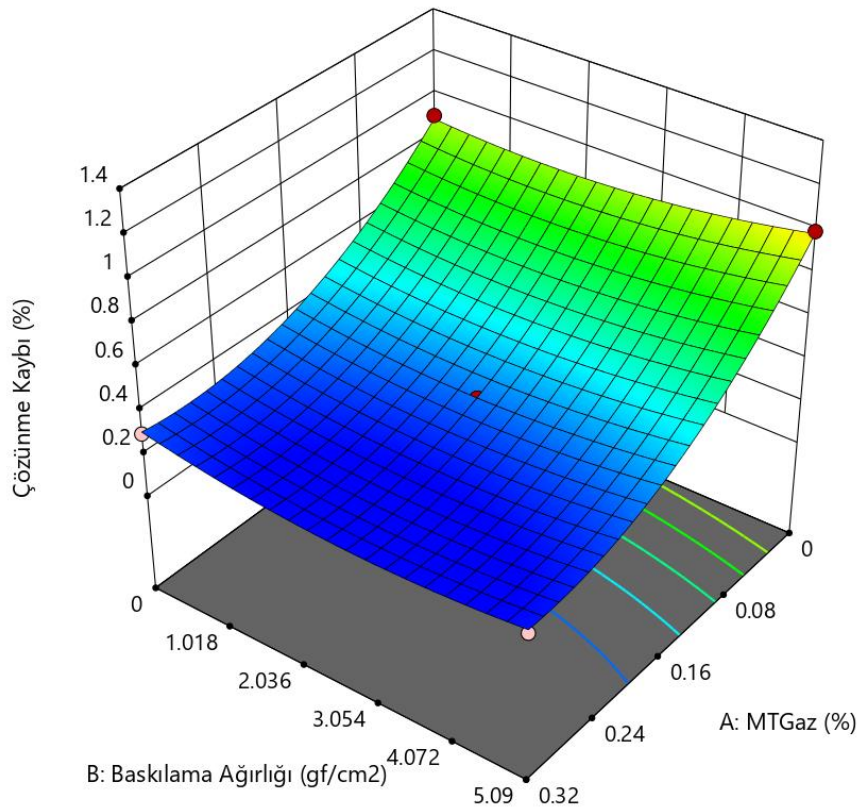
“Df” Bağımsızlık Derecesidir. Düzeltilmiş Toplam, Ortalama için düzeltilmiş tüm bilgilerin toplamıdır. P>0.05 durumunda parametrenin önemsiz olduğunu gösterir. \* modelin yeterli olduğunu ifade etmektedir.

Yanıt Yüzey Metodu gereğince, çözünme kaybı açısından çoklu parametrelerin kıyaslanması sonucu oluşturulan üç boyutlu grafikler aşağıda verilmiştir. MTGaz miktarının artışına bağlı olarak ürün dokusunun yoğunlaştığı ve çözünme kaybını azalttığı, baskılama ağırlığının kullanılmasının ise MTGaz etkinliğini pozitif yönde etkilediği, ürüne şekil verdiği gözlemlenmiştir. Ancak baskılama ağırlığının üründe su kaybını arttırmayacak düzeyde olduğu ve bu açıdan da olumlu bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2).

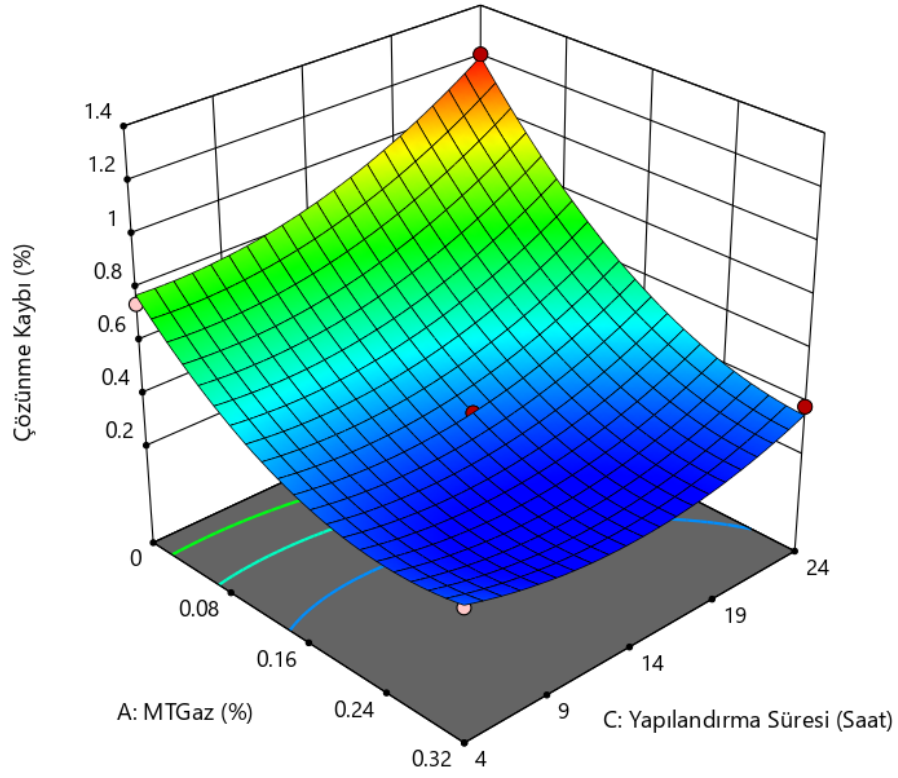
Çözünme kaybı açısından uygulanan MTGaz miktarı ve yapılandırma süresi kıyaslanması Şekil 4.3’te aktarılmıştır. Buna göre, MTGaz miktarının artışının çözünme kaybını azaltmasına karşın, yapılanma süresinin 4 saat ile sınırlı tutulması halinde örneklerin düşük miktarda su kaybettiği belirlenmiştir. Ayrıca 14. saatte ise MTGaz içeriği ile yeniden yapılandırmanın stabil hale gelip, örneklerin su kaybının düşük seviyelerde seyrettiği gözlemlenmiştir. Ancak ürünlerin 24 saat yapılanma süresinde bekletilmesinin ise su kaybını MTGaz uygulamasına rağmen bir miktar arttırdığı belirlenmiştir. MTGaz içermeyen örneklerde süreye bağlı olarak çözünme kaybındaki artış çok daha fazla bulunmuştur.

Çözünme kaybı sonuçlarına göre, süre ve baskılama ağırlığı miktarları kıyaslanmıştır. Örneklerin optimizasyon için gerekli olan minimum ortalama aralığa “14 saat yeniden yapılandırma süresi ile 19 saat” düzeyinde ulaştığı belirlenmiştir. Ayrıca

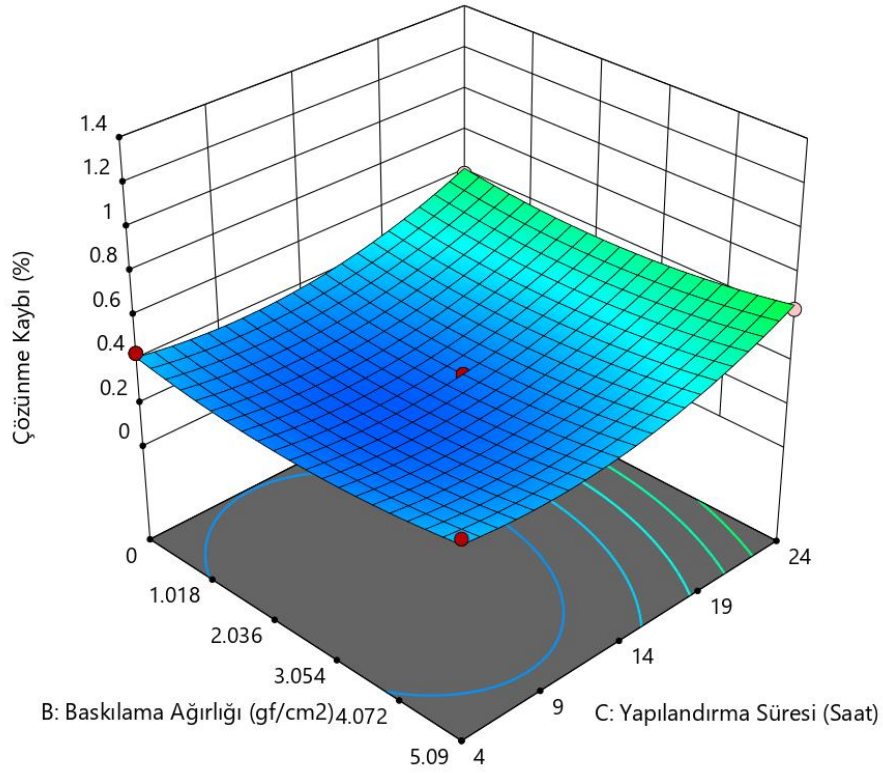
baskılama ağırlığı için optimum aralığa ise “2.54 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığı ile 4.07 gf/cm<sup>2</sup>” düzeyinde ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara diğer grafiklerin de değerlendirilmesiyle ulaşılmıştır (Şekil 4.4). Tüm sonuçlar incelendiğinde çözünme kaybı değerlerinin istatistiksel olarak en düşük değerleri alması için, yeterli yeniden yapılandırma süresine sahip olması ile ortalama seviyelerde baskılama ağırlığı ve yüksek düzeyde MTGaz içermesi gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu çözüm ile optimum örneğe ulaşılabileceği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla çözünme kaybı analizi içerdiği önemli düzeydeki yol gösterici verileri ile, üretimi gerçekleştirilen tek depolama örneği açısından, yapılandırma süresi, baskılama ağırlığı ve MTGaz oranlarının belirlenmesinde etkili olan üç temel analizden bir tanesini oluşturmaktadır.



**Şekil 4.2.** Çözünme kaybının, sabit süre faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği



**Şekil 4.3.** Çözünme kaybının, sabit ağırlık faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği



**Şekil 4.4.** Çözünme kaybının, sabit MTGaz faktörüyle üç boyutlu değişim grafiği

#### 4.1.2. Toplam serbest amino asit bulguları

Amino asitler, birincil açıdan önem arz eden ve canlılarda proteinlerin üretilmesi amacıyla polimerize olan, aynı zamanda enerji kaynağı olarak kullanılabilen temel yapı taşlarıdır. Canlının ölümünü takiben otoliz ve bakteriyel aktivite neticesinde dokular yıkıma uğramakta ve proteinler amino asitler, amonyak, ketonlar, asitler, terpenler, alkoller, nitrojen, sülfürlü bileşikler gibi çeşitli daha küçük bileşiklere kadar parçalanabilmektedirler. Proteinlerin parçalanması sonucunda serbest amino asit miktarı artabilmektedir. Kalite kaybını takiben, ortaya çıkan toplam serbest amino asit miktarı ürünün tazelik durumu hakkında fikir verebilmektedir (Litwack 2018; Perez-Santaescolastica vd. 2018; Waraksa vd. 2019). Transamidaz enzimi serbest amino asit grupları (lizin) ile gamma karboksiamid (glutamin) grubunun birbirine bağlanmasını sağlayan enzimdir. Bu reaksiyon canlı vücudunda bulunan TGaz enzimi vasıtasıyla gerçekleşebilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada, MTGaz kullanımı ile serbest amino asit oluşumunun baskılanması hedeflenmiştir.

MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve süre değişkenleri doğrultusunda balık eti  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de yapılandırılmış ve toplam serbest amino asit değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin toplam serbest amino asit değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 14   | 27.8718843 | 564.28** |
| Hata                 | 15   | 0.0493933  |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

Değerlendirilen MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı değişkenlerinin toplam serbest amino asit bulguları üzerinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Değişken uygulama gruplarındaki levrek etlerinin toplam serbest amino asit değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Yanıt Yüzey Metodu'na göre değişik oranlarda kullanılan MTGaz enziminin farklı süre ve baskı ağırlıklarında etkinliğinin ortaya konulması açısından toplam serbest amino asit miktarı analizi gerçekleştirilmiş ve bulguları sunulmuştur. İlgili analize göre, 4 saatlik yapılanma sürecindeki örnekler, 14 saat ve 24 saat süresince yapılan örnekler ile kıyaslandığında daha düşük toplam serbest amino asit miktarları tespit edilmiştir. MTGaz glutamin ve lizin çapraz bağlanmasını teşvik ederek, proteinlerin polimerize olmasını sağlamaktadır (Motoki ve Seguro 1998). Düşük yapılandırma süresine tabii tutulan örneklerde, MTGaz etkinlik gösterebileceği yeterli süreye sahip olmadığından, serbest halde bulunan amino asitleri ve proteinleri düşük ivme ile polimerize edebilmiştir. Bu doğrultuda toplam serbest amino asit bulguları yeniden yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığının artması ile paralel olarak artış gösterse de MTGaz içermeyen örnekler kadar yüksek seviyelere ulaşmamaktadır.

**Çizelge 4.5.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin toplam serbest amino asit değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

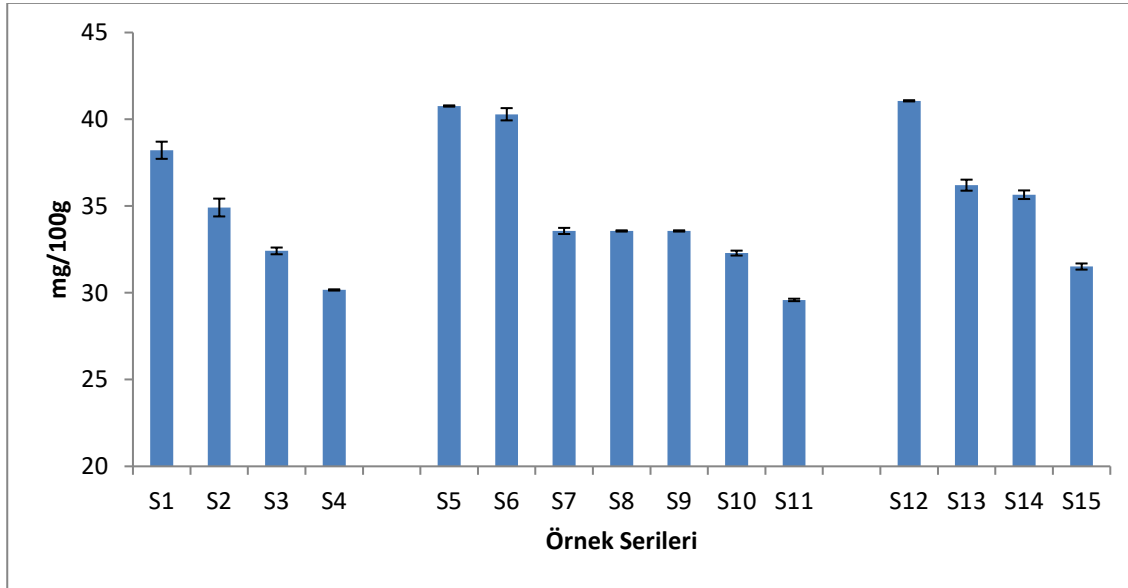
| Örnek Serisi          | Yapılandırma Süresi (saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Toplam Serbest Amino Asit Değeri (mg/100g) |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| <i>S<sub>1</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 38.215 c                                   |
| <i>S<sub>2</sub></i>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 34.915 f                                   |
| <i>S<sub>3</sub></i>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 32.415 h                                   |
| <i>S<sub>4</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 30.165 i                                   |
| <i>S<sub>5</sub></i>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 40.765 a                                   |
| <i>S<sub>6</sub></i>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 40.290 b                                   |
| <i>S<sub>7</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 33.565 g                                   |
| <i>S<sub>8</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 33.565 g                                   |
| <i>S<sub>9</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 33.565 g                                   |
| <i>S<sub>10</sub></i> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 32.290 h                                   |
| <i>S<sub>11</sub></i> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 29.590 j                                   |
| <i>S<sub>12</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 41.065 a                                   |
| <i>S<sub>13</sub></i> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 35.200 d                                   |
| <i>S<sub>14</sub></i> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 35.650 e                                   |
| <i>S<sub>15</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 31.5150 ı                                  |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir

Örnekler arasında 4°C’de yapılandırmaya tabii tutulan gruplarda, toplam serbest amino asit miktarı analiz bulguları bakımından varyasyon gözlemlenmiştir. Toplam serbest amino asit miktarı analiz bulguları için yeniden yapılandırma süresi 4 saat olan gruplar değerlendirilmiştir. Buna göre *S<sub>1</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örneği düşük baskılama ağırlığına sahip olup, MTGaz içermemektedir. Bu örnekte 38.21±0.49 mg/100g değeri ile en yüksek toplam serbest amino asit sonucu elde edilmiştir. Yüksek oranda MTGaz içeren ve orta seviyede baskılama ağırlığı uygulanan örnekte ise (*S<sub>4</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) 30.16±0.03 mg/100g değeri ile 4 saat yapılandırılmış örnekler arasında en düşük toplam serbest amino asit miktarı belirlenmiştir.

Yeniden yapılandırma süresi 14 saat olan örnek grupları arasında, baskılama ağırlığı ve MTGaz içermeyen (*S<sub>5</sub>*: 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0) örnek için 40.76±0.03 mg/100g ile beklendiği gibi yüksek serbest amino asit değerine sahip bulunmuştur. Yüksek oranda MTGaz ve baskılama ağırlığı uygulanan örnek grubu (*S<sub>11</sub>*: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) ise 29.59±0.07 mg/100g değeri ile düşük düzeyde kalmıştır. Baskılama ağırlığı uygulanmamış ve yüksek oranda MTGaz içeren *S<sub>10</sub>*: 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneği, 32.29±0.14 mg/100g toplam serbest amino asit değerine ulaşmıştır. MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonunun ve artışının toplam serbest amino asit değerlerindeki artışı yavaşlattığı belirlenmiştir.

Toplam serbest amino asit analizi bulguları açısından 24 saatlik yeniden yapılandırma süresine tabii tutulan örnekler incelendiğinde ise, sadece baskılama ağırlığı içerip MTGaz içermeyen ( $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0) örnek grubu için  $41.06 \pm 0.03$  mg/100g değeri gözlemlenmiştir. Baskılama ağırlığı ve MTGaz içeren tüm gruplara kıyasla daha yüksek toplam serbest amino asit değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 24 saatlik seriler arasında en düşük değerlere sahip örnek ise ( $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32)  $31.51 \pm 0.17$  mg/100g değerine ulaşmıştır. Baskılama ağırlığı ve kullanılan MTGaz'a rağmen, yeniden yapılandırma süresi arttıkça toplam serbest amino asit değerlerinde bir miktar artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.5).



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.5.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin toplam serbest amino asit değerleri

Li vd. (2019) çalışmasında, gümüş sazan balığının (*Hypophthalmichthys molitrix*) Asya mutfağında surimi üretimi için ideal bir tür olduğu vurgulanmıştır. Balık etleri parçalandıktan sonra farklı oranlarda (%0 ila %0.6 aralığında) MTGaz ilavesiyle birlikte 40°C'de 1 saat ve 90°C'de 30 dk su banyosunda bekletilmiştir. Ardından 4°C'de 12 saat dinlendirilen ürünlerde kontrol grubuna göre serbest amino asit miktarının azaldığını, özellikle %0.25 düzeyinde MTGaz ilavesinin bu etkinin görülmesi açısından yeterli olduğunu vurgulamışlardır. Surimi içerisindeki ana proteinlerin aktin ve miyozin olduğunu ve bu proteinlerin de özellikle MTGaz'ın çapraz bağlanmasını öncelikli olarak teşvik ettiği iki amino asit olan lizin ve glutamine çok zengin olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmamızda da %0.16 ve %0.32 düzeyinde MTGaz kullanımının olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

An vd. (2018) araştırmasında, gümüş sazan balığına (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi jel oluşumu amacıyla MTGaz ilave etmişlerdir. Miyozin yüzeyi ile etkileşime giren hidrofobik grupların ve serbest amino asitlerin MTGaz etkisiyle çapraz bağlanma reaksiyonlarının arttığı vurgulanmıştır. Buna ek olarak, serbest amino asitlerin sayısının azalmasının yanı sıra, yapının sıkılaşmasına bağlı olarak ürünlerde oksidasyon miktarının da azalabileceğini vurgulamışlardır.

Calanche vd. (2019) araştırmalarında fileto edilmiş, bütün halde ve iç organları temizlenmiş şekilde 3 farklı işleme yöntemi uygulanmış çipura balıklarının buz içerisinde bekletilmesiyle ortaya çıkan toplam serbest amino asit değerlerini gözlemlemişlerdir. Sonuçlara göre, 5. günde fileto edilen balıklar için 398.1 mg/100g ve 18. günde ise 492.7 mg/100g değeri tespit edilmiştir. İç organları temizlenmiş çipuralar içinse 5.günde 427.3 mg/100g ve 18. günde 560.4 mg/100g değerine ulaşmıştır. Bütün halde buz içerisinde dinlendirilen çipuralarda 5.günde 448.3 mg/100g ve 18.günde 1392.1 mg/100g değerini gözlemlemişlerdir. Depolama süresinin ve uygulama gruplarının toplam serbest amino asit içeriği üzerine etkili bulunduğu, kalitenin olumsuz etkilenmesi durumunda ise miktarda artış olduğu belirlenmiştir.

Literatür sonuçları değerlendirildiğinde, toplam serbest amino asit bulguları açısından, çalışmamızda üretimi gerçekleştirilen yeniden yapılandırılmış ürünle birebir aynı ürün bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu bakımdan, fileto ya da surimi jelleri üzerinde yapılan araştırmalara göre, MTGaz oranının artmasının ürünlerde toplam serbest amino asit miktarını azalttığı değerlendirilmektedir.

Varyans analizi modeline göre, Çizelge 4.6’da belirtilen model değerinin önemli ve yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Yanıt Yüzey Metodu’nun önerisi üzerine üretimi gerçekleştirilen yeniden yapılandırılmış 15 seri ürünün toplam serbet amino asit verileri “Kuadratik” model kullanılarak verileri değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak varyasyon gösterdikleri gözlemlenmiştir. MTGaz enzim miktarı (A), baskılama ağırlığı (B) ve yapılandırma süresinin (C) model içerisinde 1.derecede önemli sonuçlara etki ettikleri tespit edilmiştir.  $R^2$  değeri 0.9983 olarak bulunmuş olup, deneysel verilerdeki değişkenliğin %99.83’ünün bu model ile açıklanabildiğini ifade etmektedir. Düzeltilmiş (Adjusted)  $R^2$  ise 0.9954 olarak tespit edilerek öngörülen ve deneysel sonuçların uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca beklenen (Predicted)  $R^2$  değeri ise 0.9735 olarak tespit edilmiş ve bu modelin yeni gözlemlerin tahmininde değişkenliğin %97.35’ini açıklayabileceğini vurgulamaktadır. Düzeltilmiş  $R^2$  değeri ile beklenen  $R^2$  değeri arasındaki farkın 0.2’den küçük olmasıyla sonuçlar kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Ayrıca 4’ün üzerinde olması beklenen “yeterli hassasiyet” değeri 55.35 olarak tespit edilmiştir. Buna ek olarak %10’un altında olması gereken C.V.% değeri 0.7286 olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6.** Toplam serbest amino asit miktarı Varyans (ANOVA) analiz sonuçları

| Kaynak                         | Kareler<br>Toplamı | Df | Kareler<br>Ortalaması | p-Değeri<br>Prob>F |
|--------------------------------|--------------------|----|-----------------------|--------------------|
| <b>Model</b>                   | 194.77             | 9  | 21.64                 | <b>&lt;0.0001*</b> |
| <b>A = MTGaz miktarı</b>       | 169.00             | 1  | 169.00                | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>B = Baskılama ağırlığı</b>  | 4.84               | 1  | 4.84                  | <b>0.0003</b>      |
| <b>C = Yapılandırma süresi</b> | 9.53               | 1  | 9.53                  | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>AB</b>                      | 1.24               | 1  | 1.24                  | 0.0071             |
| <b>AC</b>                      | 0.5625             | 1  | 0.05625               | 0.0319             |
| <b>BC</b>                      | 0.9506             | 1  | 0.9506                | 0.0122             |
| <b>A<sup>2</sup></b>           | 6.31               | 5  | 6.31                  | 0.0002             |
| <b>B<sup>2</sup></b>           | 2.76               | 3  | 2.76                  | 0.0013             |
| <b>C<sup>2</sup></b>           | 0.4987             | 2  | 0.4987                | 0.0391             |
| <b>Artık Değer</b>             | 0.3235             | 5  | 0.0647                |                    |
| <b>Uyum Eksikliği</b>          | 0.3235             | 3  | 0.1078                |                    |
| <b>Saf Hata</b>                | 0.0000             | 2  | 0.0000                |                    |
| <b>Düzeltilmiş Toplam</b>      | 195.10             | 14 |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup></b>           | 0.9983             |    |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup>adj</b>        | 0.9954             |    |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup>pred</b>       | 0.9735             |    |                       |                    |
| <b>Standart Sapma</b>          | 0.2544             |    |                       |                    |
| <b>Ortalama</b>                | 34.91              |    |                       |                    |
| <b>Yeterli Hassasiyet</b>      | 55.3519            |    |                       |                    |
| <b>C.V. %</b>                  | 0.7286             |    |                       |                    |

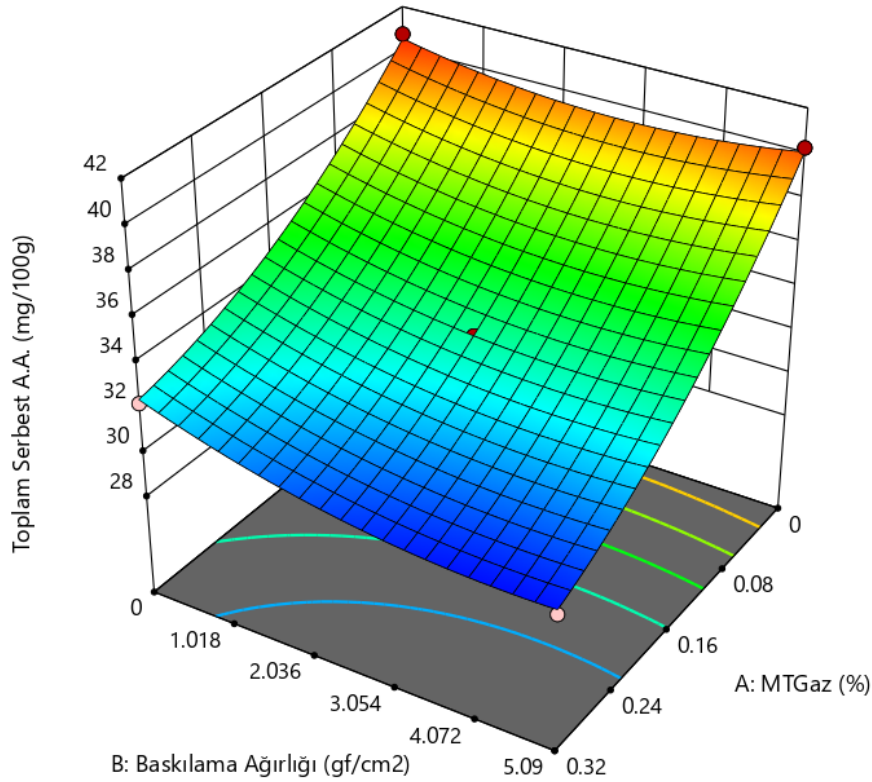
df, Bağımsızlık Derecesidir. Düzeltilmiş Toplam, Ortalama için düzeltilmiş tüm bilgilerin toplamı.  
p>0.05 durumunda parametrenin önemsiz olduğunu gösterir.

MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve yapılandırma sürelerinin levrek eti örneklerine ait toplam serbest amino asit değeri üzerine etkisi Yanıt Yüzey Metodu gereğince oluşturulan, üç boyutlu grafiklerle ortaya konulmuştur (Şekil 4.6 - Şekil 4.8). Düşük yeniden yapılandırma süresine (4 saat =  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ) tabii tutulan örneklerde, MTGaz enzimi yeterince etkinlik gösterecek süreye sahip olmadığından, serbest halde bulunan amino asitleri ve proteinleri etkili bir oranda polimerize edememiştir. Toplam serbest amino asit bulguları yeniden yapılandırma süresi ile paralel olarak bir miktar artış göstermektedir. Ancak MTGaz içeren tüm örneklerde toplam serbest amino asitteki artış miktarı otoliz ile paralel olarak yeniden yapılandırma esnasında 4°C’de bekleme süresine rağmen daha yavaş ve daha az oranda artış göstermektedir. Bu durum MTGaz enziminin etkinliğine ve baskılama ağırlığının önemine işaret etmektedir. Örnekler arasında 4°C’de yeniden yapılandırmaya tabii tutulan grupların, toplam serbest amino asit miktarı analiz bulguları bakımından varyasyon içermektedir.

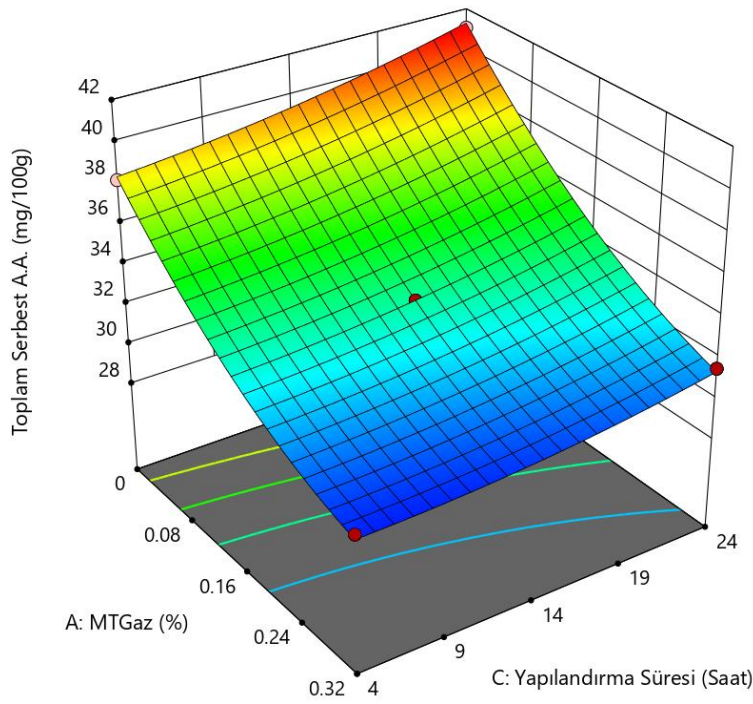
Toplam serbest amino asit miktarı analiz bulguları açısından iki parametrenin kıyaslanması doğrultusunda MTGaz miktarının artışıyla birlikte serbest amino asitlerin miktarının azalarak, ürünün yapısının korunduğu gözlemlenmiştir. Baskılama ağırlığının artışının ise, ürün dokusunun sıkılaşmasına sebebiyet vererek, MTGaz etkinliğini de arttırdığı ve dolayısıyla toplam serbest amino asit değerlerini azalttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.6).

Kullanılan MTGaz miktarındaki artışın, toplam serbest amino asit oluşumunda azalmaya neden olduğu ve yeterince meydana gelemediği tespit edilmiştir. Yeniden yapılandırma süresinin 4 saat ile sınırlı kalması durumunda toplam serbest amino asit içeriği düşük seviyelerde kalmış olmasına karşın, “yeniden yapılanma” açısından ürün istenilen forma ulaşamamıştır. 14 saat yapılandırılan örneklerde, yapılandırma süresinin ürün dokusunun daha stabil hale gelmesini sağlayacak seviyede olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 24 saatlik örneklerde ise MTGaz etkinliğinin verimli olmasına karşın, otolize bağlı olarak meydana gelen toplam serbest amino asit miktarlarının bir miktar arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.7).

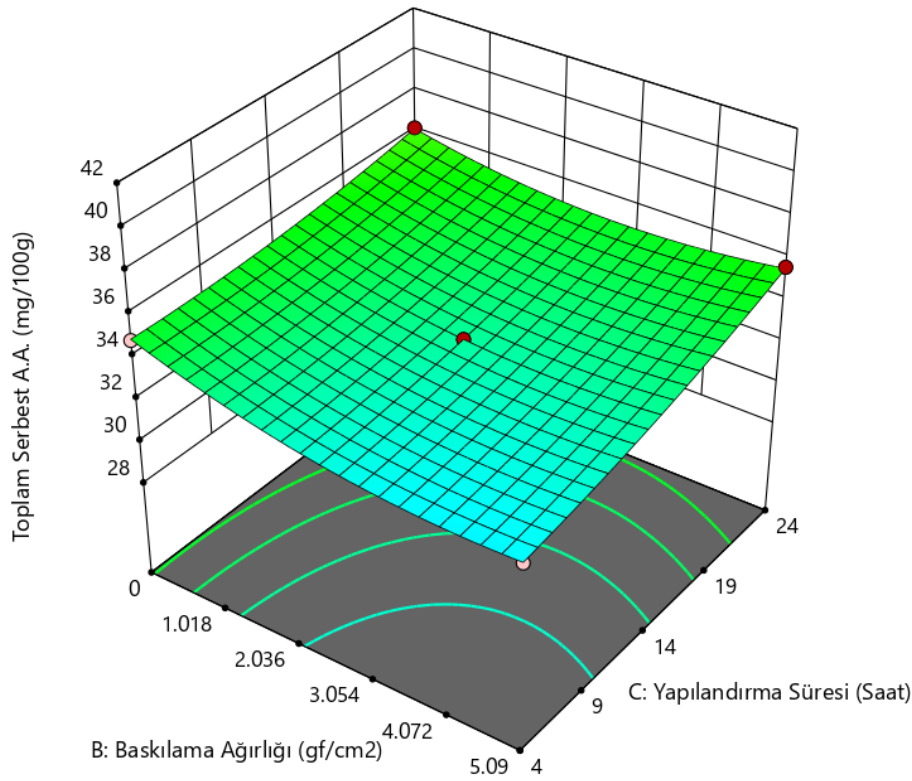
Ağırlık miktarının ürünün dokusunun sıkılaşmasına bağlı olarak MTGaz içeren gruplarda MTGaz etkinliğini pozitif etkilediği, diğer ifadeyle yapılaşmayı hızlandırdığı ve süre artışının da bu duruma paralel olduğu gözlemlenmiştir. Ancak yapılandırma süresinin uzun olması halinde toplam serbest amino asit seviyesi olumsuz etkilenmektedir. Bunun sebebinin otoliz olabileceği düşünülmüştür. Bu açıdan 3.054 gf/cm<sup>2</sup> ile 5.09 gf/cm<sup>2</sup> aralığında baskılama ağırlığının ve 14 saat ile 19 saat aralığında bir yapılandırma süresinin diğer grafikler ve sonuçlar değerlendirildiğinde en uygun aralıklar olabileceği ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.8).



**Şekil 4.6.** Toplam serbest amino asit değerinin, sabit süre faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği



**Şekil 4.7.** Toplam serbest amino asit değerinin, sabit ağırlık faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği



**Şekil 4.8.** Toplam serbest amino asit değerinin, sabit MTGaz faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği

Yeniden yapılandırma işleminin en uygun formülasyonunun belirlenmesinde kullanılan parametreler MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süreleri olup, hedeflenen çözüm ise en düşük toplam serbest amino asit miktarı, en düşük çözünme kaybı ve en uygun aralıktaki sertlik düzeyidir.

#### 4.1.3. Toplam sertlik değeri analizi

Tüketicilerin her üründe beklediği belirli bir sertlik seviyesi vardır ve ürüne dair ilk izlenimlerden bir tanesidir. Tekstür parametresi ürünlerde direkt olarak kaliteyi ilgilendirmektedir. Sertlik değeri ürünü sıkıştırmak için gerekli olan Newton birimindeki gücün tepe kuvveti olarak adlandırılmaktadır (Tzikas vd. 2015).

MTGaz gıda sektöründe tekstürel özelliklerin iyileştirilmesi başta olmak üzere, duyuusal ve fiziksel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla surimi, domuz eti ürünleri, sosis, tofu, nooodle gibi hamur işi ürünlerde de kullanılabilmektedir (Kaewudom vd. 2013). MTGaz ürünlerde serbest amino gruplarının bir araya gelmesi için çapraz reaksiyonların gerçekleşmesini desteklemekte ve tekstürel özellikleri geliştirebilmektedir (Fang vd. 2019).

Ürünlerin yeniden yapılandırılması işleminde yani et parçalarının belirli büyüklükte kaldığı yöntemlerde, ürünün son tekstürü doğal halini koruyabilmekte ve buna ek olarak kasların doğal fibröz yapıları da kaybedilmeden kalabilmektedir (Moreno vd. 2010b). Gerçekleştirilen tez çalışmasında yeniden yapılandırılması amacıyla parçalanmış balık etleri satır çekilerek homojenize hale getirilmiş ve kaslar lifli olan yapısını koruyabilmiştir. Bu sayede ürünlerin yapısının, görünüşlerinin ve tekstürel durumlarının doğala daha yakın olduğu, ayrıca da bu durumun enzim içermeyen örneklerle kıyaslanabilmesi açısından uygun olduğu düşünülebilmektedir.

MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi uygulamaları ile Yanıt Yüzey Metodu deneme desenine göre yeniden yapılandırılmış balık etlerinin toplam sertlik değerleri tespit edilmiştir. Analiz bulguları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçları Çizelge 4.7’de aktarılmıştır.

**Çizelge 4.7.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 14   | 46627.5871 | 488.40** |
| Hata                 | 15   | 95.4709    |          |

(\*\*)p<0.01 düzeyinde önemlidir, (\*)p<0.05 düzeyinde önemlidir

Yanıt Yüzey Metodu gereği tespit edilen oranlar doğrultusunda, enzim, süre ve baskılama ağırlığı değişkenlerinin toplam sertlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli (p<0.01) etkisi bulunduğu belirlenmiştir. Uygulama gruplarındaki balık etinin toplam sertlik değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.8’de aktarılmıştır.

**Çizelge 4.8.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin sertlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

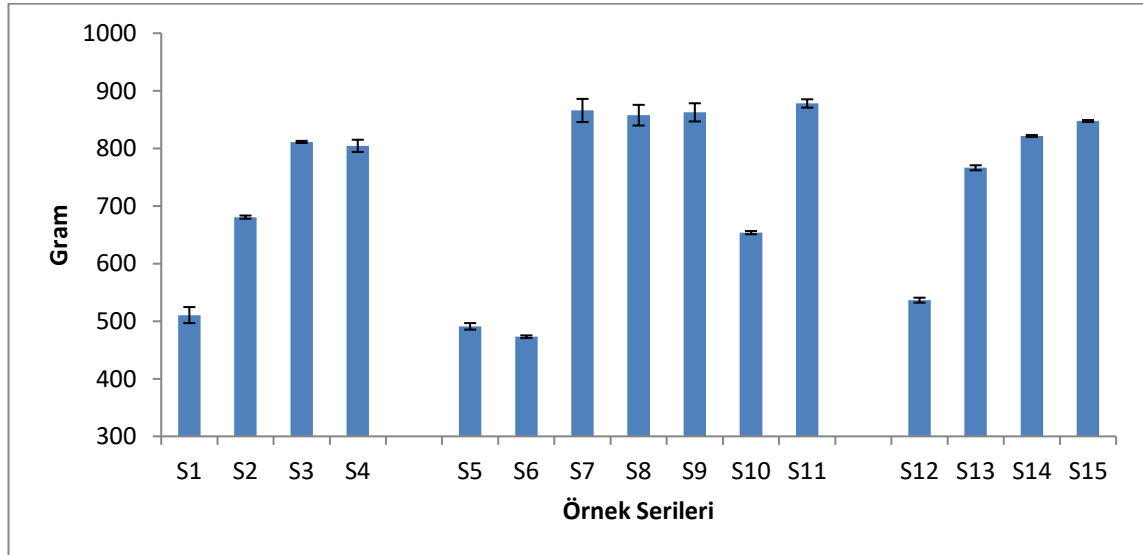
| Örnek Serisi          | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Sertlik Değeri (g)    |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <i>S<sub>1</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 510.60 h              |
| <i>S<sub>2</sub></i>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 680.70 e              |
| <i>S<sub>3</sub></i>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 811.27 c              |
| <i>S<sub>4</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 804.48 c              |
| <i>S<sub>5</sub></i>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 491.04 h <sub>1</sub> |
| <i>S<sub>6</sub></i>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 472.98 <sub>1</sub>   |
| <i>S<sub>7</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 865.88 ab             |
| <i>S<sub>8</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 857.73 ab             |
| <i>S<sub>9</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 862.59 ab             |
| <i>S<sub>10</sub></i> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 653.72 f              |
| <i>S<sub>11</sub></i> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 878.04 a              |
| <i>S<sub>12</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 536.49 g              |
| <i>S<sub>13</sub></i> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 766.34 d              |
| <i>S<sub>14</sub></i> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 821.50 c              |
| <i>S<sub>15</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 847.53 b              |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir

Yanıt Yüzey Metodu deneme desenine göre üretilen yeniden yapılandırılmış ürünlerde, sertlik analizi tekstür analiz cihazı yardımıyla tekstür profil ölçümü yapılarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen ön denemeler sonucu en uygun sertlik değerinin 750-1000 g aralığında olduğu belirlenmiş ve ürünlerde bu değerlere ulaşmak hedeflenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda MTGaz içeren örnekler arasında 4 saat yapılandırma süresine sahip örneklerin sertlik miktarlarının ortaya çıkmasında, yapılandırma süresinin düşük olmasına bağlı olarak sertlik değerlerinin de düşük olduğu gözlemlenmiştir. 4 saatlik yapılandırma süresi uygulanan örnek grupları arasında, 2.54 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığına sahip olan ancak MTGaz içermeyen örnek (*S<sub>1</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 510.60±13.92 g) serisinde sertlik değerleri düşük olarak belirlenmiştir. Buna karşın MTGaz içeren diğer tüm örnek grupları ise (*S<sub>2</sub>*: 4S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 680.71±2.72 g, *S<sub>3</sub>*: 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 811.27±1.80 g ve *S<sub>4</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 804.47±10.60 g) daha düşük sertlik değerlerine sahip olarak belirlenmiştir. MTGaz ile ağırlık kombinasyonlarının birlikte bulunmasının üründe sertliği arttığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak 4 saatlik yapılandırma sürecindeki örnekler 14 saat ve 24 saatlik yapılandırma sürecindeki örnekler ile kıyaslandığında daha düşük sertlik verilerine sahip oldukları belirlenmiştir.

MTGaz içeren örnekler arasında 14 saatlik yapılandırma süresinin en yüksek sertlik değerlerini sağladığı tespit edilmiştir. 14 saatlik yapılandırma süresine tabii tutulan örnek grupları arasında, baskılama ağırlığı ve MTGaz içermeyen ( $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 491.04±5.62 g) örneğe ait sertlik değerleri sonucunun düşük olması beklenen bir durumdur. %0.32 MTGaz ve yüksek oranda baskılama ağırlığı içeren örnek grubunun ( $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 878.03±7.23 g) sertlik değerleri yüksek olarak belirlenmiştir. MTGaz artışının baskılama ağırlığı ile birlikte dokuyu daha sıkı ve stabil duruma getirdiği gözlemlenmiştir. Yalnızca yüksek oranda MTGaz içeren örnekte ise ( $S_{10}$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 653.72±2.79) düşük seviyede sertlik değeri elde edilmiştir.

Sertlik bulguları açısından 24 saatlik yapılandırma süresine tabii tutulan örnekler incelenmiştir. Buna göre MTGaz içeren örneklerde, üründe dokuların yıkımına sebebiyet veren ve kas lifleri arasında bağlantıların azalmasına sebep olan otolize ve yapılandırma süresine bağlı olarak sertlik değerlerinde bir miktar düşüş yaşandığı düşünülmektedir. Sadece baskılama ağırlığı içeren örnek için sertlik değerleri düşük seviyelerde gözlemlenmiştir ( $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 536.49±4.30 g). Buna karşın baskılama ağırlığı ve MTGaz uygulamalarını birlikte içeren tüm örnek serilerinde ise daha yüksek sertlik değerleri tespit edilmiştir ( $S_{14}$ : 24S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 821.05±1.75 g ve  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 847.53±1.72 g). Toplam sertlik değerlerine ait sonuçlar duyuşsal analizde panelistlerin yaptığı puanlama ile de paralellik göstermektedir. Panelistler tarafından MTGaz ve baskılama ağırlığı uygulamalarını birlikte içeren ve özellikle 14 saat yeniden yapılandırma süresine tabii tutulmuş örnekler duyuşsal değerlendirme sonucu ön plana çıkmıştır. Bu örnekleri ise 24 saat ve 4 saatlik yapılandırma işlemi uygulanan örnekler takip etmektedir. MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonları uygulanan örnekler beğeni kazanmıştır (Şekil 4.9).



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.9.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin toplam sertlik değerleri

Fang vd. (2019) araştırmalarında gümüş sazan balığına (*Hypophthalmichthys molitrix*) 15 U/g MTGaz ilavesinin serbest amino asit miktarını azaltarak çapraz bağlanma reaksiyonlarını teşvik ettiğini ve kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar alındığını vurgulamıştır. Buna ek olarak sonuçların tekstür sonuçları ve SEM analizleriyle de paralel olduğunu ifade etmişlerdir. Tekstür sonuçlarına göre sertlik değeri bakımından MTGaz içermeyen grupta  $22.02 \pm 1.94$  N değeri gözlemlenirken, MTGaz içeren örnekte  $37.76 \pm 2.69$  N sonucu tespit edilmiştir (Fang vd. 2019).

Moreno vd. (2010a) araştırmalarında, alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) ve berlam (*Merluccius merluccius*) türü balıkların kıymalarına MTGaz ilavesi ile 6 gün boyunca  $4^{\circ}\text{C}$ 'de depolanması sonucunda ortaya çıkan tekstür parametrelerinin değişimini gözlemişlerdir. Çalışmaya göre, sertlik değeri için alabalıkta 1.günde  $2.18 \pm 0.22$  N ve 6.günde  $6.21 \pm 0.22$  N değerlerini gözlemlemişlerdir. Berlam balığı içinse 1.günde  $3.92 \pm 0.54$  N ve 6.günde  $5.6 \pm 0.51$  N olarak tespit etmişlerdir. Depolama süresince MTGaz etkinliğini sürdürmüş ve çapraz bağlanmalar sonucu dokunun sıkılaşmasını sağlamıştır.

Başka bir çalışmada, gümüş sazan balığı (*Hypophthalmichthys molitrix*) eti yeniden yapılandırılmıştır. Tekstür profil analizi bulgularına göre MTGaz ilavesiyle (%1 ve %2) ürünlerin sertlik değerlerinde yaklaşık %50 artış gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra MTGaz'ın peynir altı suyu proteini, tuz ve sodyum kazeinat ile kombinasyonlarının da sertlik üzerine olumlu etkileri olduğunu belirtmişlerdir (Uresti vd. 2004).

Ramirez vd. (2006) yaptıkları çalışmaya göre, yeniden yapılandırılmış Güney Amerika'da yaygınca tüketilen bir balık türü olan *Cyclopsetta chittendenni* içeriğine MTGaz enzimi, tuz ve peynir altı suyu protein kombinasyonları ilave etmişlerdir. Tekstür profil analiz bulgularına göre ise kontrol örneklerinde en düşük sonuç gözlemlenmiştir. Ayrıca MTGaz enzimi ilavesinin diğer katkı maddelerine göre 2 kat daha etkili sertlik sonucu verdiğini tespit etmişlerdir.

Moreno vd. (2010b) çalışmasında, berlam balığı (*Merluccius capensis*) etinin aljinat, kalsiyum klorid (1 g/kg, 10 g/kg), ve sodyum kazeinat ile birlikte MTGaz enzimi (10 g/kg) kullanımının etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, sertlik değerinde MTGaz enzimi ilavesinin 10 g/kg değerinde olmasının kontrol örneklerine göre ve MTGaz içermeyen örneklere göre daha verimli sonuçlar ortaya koyduğu vurgulanmıştır. Ayrıca bu miktarın sertlik değerinde artışa sebebiyet verdiği, bu durumda glutamin ve lizin çapraz bağlanmasını teşvik edici özelliğinden kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Caiman timsahı (*Caiman crocodilus yacare*) türünün boyun, bacak, kuyruk ve sırt etlerinden yeniden yapılandırılmış ürün eldesine yönelik bir çalışmada, etin form kazanması için gerekli olan sodyum, magnezyum ve potasyum tuzlarının azaltılması amacıyla alternatif olarak çeşitli kombinasyon oranları ile (Kontrol (1.5% NaCl), T-1 (1.5% NaCl+1% MTGaz), T-2 (0.75% NaCl+1% MTGaz+0.75% KCl), T-3 (0.75% NaCl+1% MTGaz+0.75% MgCl<sub>2</sub>) ve T-4 (0.75% NaCl+1% MTGaz+0.375% KCl+0.375% MgCl<sub>2</sub>)) serileri üretilerek duyu ve fizikokimyasal özelliklerini analiz etmişlerdir. Araştırmacılar üretim sonrasında üründe sertlik değerini kontrol örnekleri

için 30.44 N, T-1 için 52.22 N, T-2 için 65.25 N, T-3 için 35.67 N, T-4 içinse 55.51 N sonuçlarını gözlemlemiştir (Canto vd. 2014).

Martelo-Vidal vd. (2016a) yılında yaptıkları berlam (*Merluccius merluccius*) balığı üzerindeki yeniden yapılandırma çalışmasında, sertlik değeri için 10.491 N optimal değeri bulmuş ve 377 U/kg MTGaz kullanılması ile birlikte 25°C’de 2 saat yapılandırma işleminin en uygun şartlar olduğunu vurgulamışlardır.

Cardoso vd. (2012a) araştırmalarında levrek (*Dicentrarchus labrax*), çipura (*Sparus aurata*), berlam (*Merluccius capensis*) ve halili balığı (*Argyrosomus regius*) türlerine MTGaz ilavesiyle jelleşme özelliklerini incelemiştir. Sertlik ve kohezyon değerleri için MTGaz ilavesi bulunan örneklerin daha olumlu sonuç verdiğini vurgulamışlardır.

Bir çalışma doğrultusunda araştırmacılar levrek eti ve berlam balığının jelleşme özelliklerini incelemişler ve TPA analizinde %40 sıkıştırma uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Buna göre, sertlik değeri için 5 g/kg MTGaz uygulamasının en iyi sonucu verdiğini ve kohezyon, sakızimsılık, elastikiyet, çiğnenebilirlik değerlerine olumlu etkisi olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca kontrol örneklerine göre daha verimli değerlere ulaşıldığını belirtmişlerdir (Cardoso vd. 2011b).

Yapılan bir araştırmaya göre Andres-Bello vd. (2011), çipura (*Sparus aurata*) balığına yeniden yapılandırma amacıyla 3 g/kg, 6 g/kg MTGaz ile 10 g/kg ve 20 g/kg NaCl ilave ederek sadece her iki oranda tuz içeren ancak MTGaz içermeyen kontrole karşı tekstür parametrelerini incelemiştir. Ortaya çıkan sonuçlarda sertlik değerleri açısından, kontrol örneklerinin 1-2 N arası değiştiğini belirlemiştir. Ayrıca 3 g/kg MTGaz+10 g/kg NaCl içeren örneklerde 3.0-4.0 N arası sertlik, 6 g/kg MTGaz+10 g/kg NaCl içeren örneklerde 3.5 N düzeyinde sertlik ve 6 g/kg MTGaz+20 g/kg NaCl içeren örneklerde ise 5.0 N düzeyinde sertlik oluştuğu MTGaz ve NaCl kombinasyonlarının üründe sertliği olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir.

Literatür incelenmesi sonucu sertlik değeri analizi için elde edilen bulguların genel olarak fileto, surimi jelleri ve diğer yeniden yapılandırılmış ürünleri kapsadığı görülmektedir. Yeniden yapılandırılmış ürünler açısından tez çalışmasında elde edilen ürüne benzeyen örnekler kullanılan katkı maddeleri, balık türleri, farklı çap-yükseklik-kalınlığa sahip çeşitli şekillerdeki ürünler, yapılandırma süreleri, araştırmacıların kendi imkanlarıyla ürettikleri MTGaz çeşitleri gibi parametreler nedeniyle çeşitlilik göstermektedir. Bu bakımdan sonuçların en verimli şekilde kıyaslanabilmesi için, MTGaz oranının üründe meydana getirdiği değişiklikler öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Literatüre göre, MTGaz miktarındaki artış, diğer katkı maddeleriyle birlikte veya onlardan bağımsız olarak sertlik değerinde artışa sebebiyet vermekte olup, ürünün şeklini daha sıkı ve stabil hale getirmektedir. Buna ek olarak çeşitli araştırmacılar yapılandırma süresinin ve sıcaklığın da sertlik sonuçlarına etki ettiğini tespit etmişlerdir. Gerçekleştirilen bu çalışmada yeniden yapılandırma süresinin ve ürünün şeklinin daha stabil hale gelmesini sağlayan baskılama ağırlığı parametrelerinin ürünlerin sertlik değerleri üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçların daha verimli değerlendirilebilmesi için, varyans analiz sonuçları ve grafikleri bu aşamadan itibaren sunulmuştur.

Yanıt yüzey metodu bakımından yazılım tarafından önerilen ve üç boyutlu grafiklerin dizaynına imkan tanıyan “Kuadratik” model kullanılarak sonuçları değerlendirilen 15 serinin, toplam sertlik miktarı açısından istatistiksel anlamda önem gösterdikleri belirlenmiştir. Varyans analizi modeline göre, Çizelge 4.9’da belirtilen model değerinin önemli ve yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. A, B ve C parametreleri olan MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresinin model içerisinde sertlik sonuçlarına etki etme bakımından 1. derecede önemli olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen  $R^2$  değeri deneysel verilerdeki değişkenliğin %99.89’ünün bu model ile açıklanabildiğini göstermektedir. Düzeltilmiş (Adjusted)  $R^2$  ise 0.9970 olarak tespit edilerek, öngörülen ve deneysel sonuçların uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca beklenen (Predicted)  $R^2$  değeri ise 0.9843 olarak tespit edilmiştir ve bu modelin yeni gözlemlerin tahminini öngörme konusunda elde edilen değişkenlerin %98.43’ünü açıklayabileceği yorumlanabilmektedir. Düzeltilmiş  $R^2$  değeri ile beklenen  $R^2$  değeri arasındaki farkın 0.2’den küçük olmasıyla sonuçlar kabul edilebilir niteliktedir. “Yeterli hassasiyet” değerinin 4’ün üzerinde olması beklenmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada bu değer 60.72 olarak belirlenmiştir. Ayrıca %10’un altında olması gereken C.V.% değeri ise 1.15 olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Toplam sertlik değeri varyans (ANOVA) analiz sonuçları

| Kaynak                         | Kareler<br>Toplamı | Df | Kareler<br>Ortalaması | p-Değeri<br>Prob>F |
|--------------------------------|--------------------|----|-----------------------|--------------------|
| <b>Model</b>                   | 3.259E+05          | 9  | 36210.91              | <b>&lt;0.0001*</b> |
| <b>A = MTGaz miktarı</b>       | 1.719E+05          | 1  | 1.719E+05             | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>B = Baskılama ağırlığı</b>  | 19206.33           | 1  | 19026.33              | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>C = Yapılandırma süresi</b> | 3395.17            | 1  | 3395.17               | <b>0.0009</b>      |
| <b>AB</b>                      | 14687.02           | 1  | 14687.02              | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>AC</b>                      | 73.70              | 1  | 73.70                 | 0.3514             |
| <b>BC</b>                      | 1421.40            | 1  | 1421.40               | 0.0063             |
| <b>A<sup>2</sup></b>           | 1.024E+05          | 5  | 1.024E+05             | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>B<sup>2</sup></b>           | 18813.15           | 3  | 18813.15              | <b>&lt;0.0001</b>  |
| <b>C<sup>2</sup></b>           | 1559.78            | 2  | 1559.78               | 0.0052             |
| <b>Artık Değer</b>             | 349.18             | 5  | 69.84                 |                    |
| <b>Uyum Eksikliği</b>          | 315.92             | 3  | 105.31                | 0.1394             |
| <b>Saf Hata</b>                | 33.25              | 2  | 16.63                 |                    |
| <b>Düzeltilmiş Toplam</b>      | 3.262E+05          | 14 |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup></b>           | 0.9989             |    |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup>adj</b>        | 0.9970             |    |                       |                    |
| <b>R<sup>2</sup>pred</b>       | 0.9843             |    |                       |                    |
| <b>Standart Sapma</b>          | 8.36               |    |                       |                    |
| <b>Ortalama</b>                | 724.02             |    |                       |                    |
| <b>Yeterli Hassasiyet</b>      | 60.7266            |    |                       |                    |
| <b>C.V. %</b>                  | 1.15               |    |                       |                    |

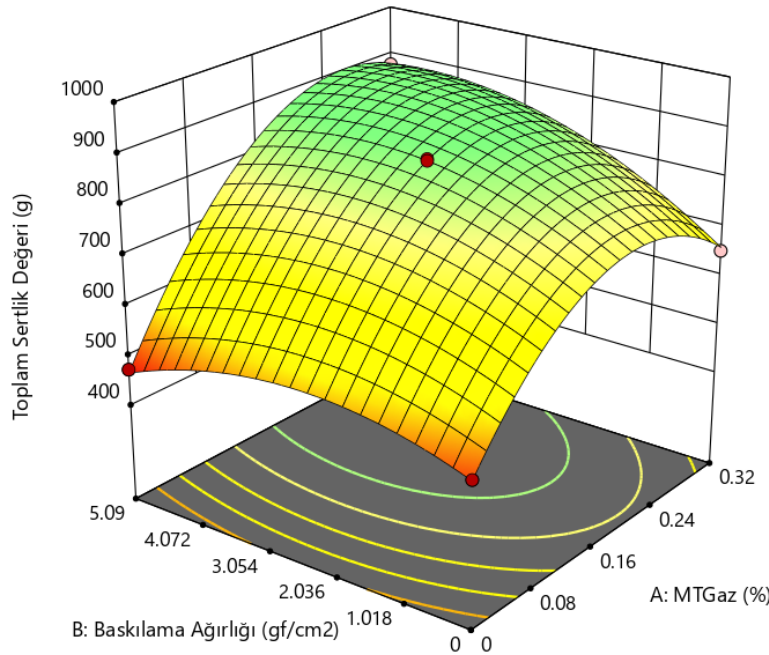
df, Bağımsızlık Derecesidir. Düzeltilmiş Toplam, Ortalama için düzeltilmiş tüm bilgilerin toplamı.  
P>0.05 durumunda parametrenin önemsiz olduğunu gösterir.

Yanıt Yüzey Metodu gereğince, sertlik değeri açısından iki farklı parametrenin kıyaslanması amacıyla oluşturulan üç boyutlu grafiklerde, MTGaz miktarının %0.16 ila %0.32 aralığında olmasının ürün dokusunu ve şeklini stabil hale getirerek sertlik

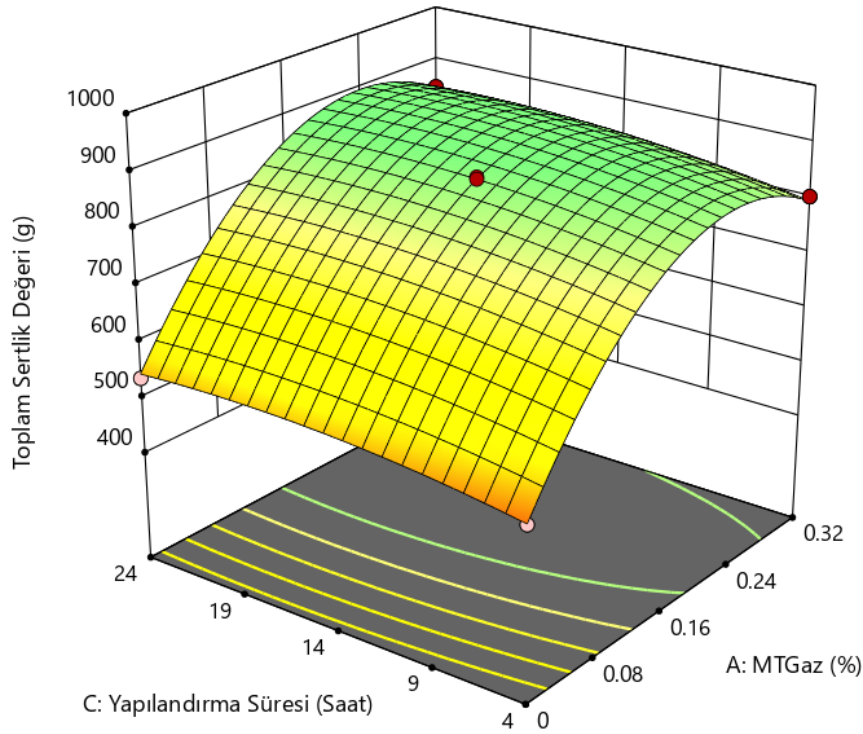
değerlerinde artışa sebep olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak baskılama ağırlığının kullanılmasının ise MTGaz etkinliğini pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu duruma kıyasla, baskılama ağırlığının düşük tutulmasının sertlikte bir miktar düşüşe sebebiyet verdiği ve ürünlerde yeniden yapılandırmaya yeterli düzeyde verim sağlayamadığı tespit edilmiştir. Baskılama ağırlığının optimum düzeyi  $3.054 \text{ gf/cm}^2$  ile  $4.072 \text{ gf/cm}^2$  aralığında gözlemlenmiştir. Ayrıca MTGaz içermeyen gruplarda ise sertlik miktarının düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10).

Sertlik değeri açısından MTGaz ve süre miktarının kıyaslanması doğrultusunda, MTGaz miktarının artışının ise sertlik miktarında artışa sebep olarak ürün dokusunu daha sıkı hale getirdiği belirlenmiştir. MTGaz içeren örneklerin yapılandırma süresinin 4 saat olması halinde örneklerin yeterli miktarda doku sıkılığına sahip olacak süre bulamayıp, beklenen sertlik değerlerine ulaşamadıkları gözlemlenmiştir. MTGaz içeren örneklerin 14. saatte ise yapılandırma süresinin yeterli hale gelerek örneklerin sertlik değerlerinin en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Buna ek olarak 24 saat yapılandırma süresinde bekletilmesinin ise örneklerin MTGaz aktivasyonunu arttırmasına karşın, otoliz ve baskılama ağırlığının uzun süre örneklerle etki etmesi doğrultusunda yeterli sertlik değerlerine ulaşamadıkları tespit edilmiştir (Şekil 4.11).

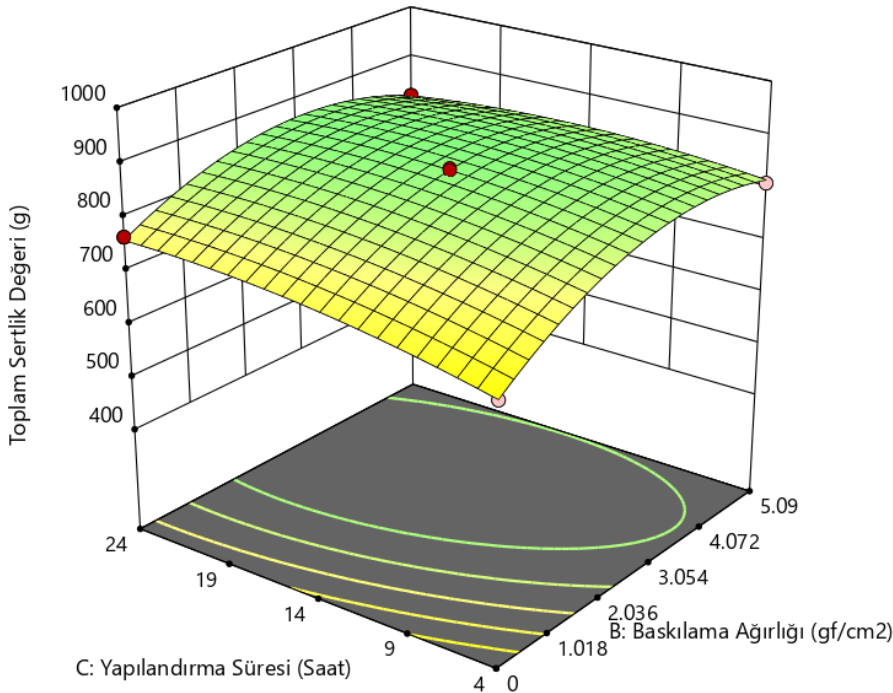
Toplam sertlik değeri sonuçlarına göre, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı miktarlarının kıyaslaması açısından, sürenin düşük tutulmasının MTGaz aktivasyonunu yetersiz kılarak yeniden yapılanmayı sağlayamadığı ve sertlik miktarının düşük olmasına sebebiyet verdiği, buna karşın 14 ve 24 saatlik yapılandırma sürelerinde MTGaz aktivasyonun daha etkili olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak, baskılama ağırlığının da ürünün dokusunu daha etkili şekilde stabil hale getirmesine destek olduğu ve ürünü yapılandırdığı gözlemlenmiştir. Bu durum özellikle 14-19 saat aralığında en uygun sonuçların alınabileceğini göstermektedir (Şekil 4.12).



**Şekil 4.10.** Sertlik değerinin, sabit süre faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği



**Şekil 4.11.** Sertlik değerinin, sabit ağırlık faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği



**Şekil 4.12.** Sertlik değerinin, sabit MTGaz faktörüne göre üç boyutlu değişim grafiği

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde ortaya çıkan varyans analizine göre, “ $850 \pm 30$  g” değeri optimum aralık olarak belirlenmiş ve üretimi gerçekleştirilerek depolama süresince kalitesi takip edilecek tek ürün için istatistiksel olarak değerlendirilmeye alınmıştır.

Sunulan çözümler doğrultusunda, teorik ve pratik anlamda en stabil sonuçları verebilecek örnek ( $S_{16}$ : 17.5 S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) seçilmiştir. Optimum örneğe ait değerlendirmeyi içeren çizelge bulgular ve tartışmanın birinci kısmının sonunda aktarılmıştır. Seçilen parametreler doğrultusunda üretilen yeniden yapılandırılmış ürün, kalite değişimlerinin takip edilmesi amacıyla -18°C’de depolanmıştır. Bu örneğe ait depolama süresince ortaya çıkan kalite değişimlerine ait bulgular ve değerlendirmelerine ise bulgular ve tartışmanın ikinci kısmında yer verilmiştir.

#### 4.1.4. Boyut ve gözenek taraması bulguları

Java tabanlı olan ve dijital görüntülerden tekil partiküllerin ortogonal uzunluğu ve genişliğinin belirlenmesi için kullanılan çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Gözenek ve boyut ölçümü için nesnelerin sınırlarını belirlemek amacıyla piksellerde görünen renkleri ve piksel miktarlarını tespit ederek kıyaslayan çeşitli görüntü tarama yazılımları kullanılmaktadır. Ölçümlerin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan yazılımların Windows, Mac OS X and Linux tabanlı kullanılabilmesi, halka açık ve herkes tarafından kolay erişilebilir olması, ücrete tabi olmaksızın yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılabilmesi ve bilimsel atıflarla gücünü ortaya koyabilmeleri en önemli avantajlarıdır (Schneider vd. 2012; Schindelin vd. 2015).

Yapılan araştırma doğrultusunda, 15 farklı örnek serisinin üretimi yapılmış ve gözenek-boyut analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu fotoğraflama esnasında standart ışık kullanılmış olup, örneklerin her birinin altına cetvel yerleştirilerek, piksel birimindeki mesafenin kalibrasyon ile yazılıma aktarılması neticesi boyut ve gözenek ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre, MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarını tek tek ya da bir arada içermeyen örneklerin şekillerinde beklenmeyen formlar ve gözenekli yapı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan ön denemeler sonucunda kumpas ve görüntü tarama yazılımları kullanılarak, tam 30 gram ağırlığında yeniden yapılandırılmış örnek için “46 mm çap, 16 mm kalınlık” değerleri optimum örneğe ait olabilecek özellikler olarak kabul edilmiştir. Buna göre, Şekil 4.13’te verilen işlenmiş fotoğraflar arasında,  $S_{11}$  ve  $S_{15}$  olarak belirtilen örnekler bu şartlara en yakın ürün olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.13’e göre, 4 saat yeniden yapılandırma süresine sahip olan örnekler arasında, baskılama ağırlığı içermesine karşılık MTGaz enzimi içermeyen örnek olan  $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örneği boyut ve gözenek açısından yüksek oranda sapmaya yatkın olarak gözlemlenmiştir.  $S_2$ : 4S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 örneğinde ise düşük oranda MTGaz içermesi ve baskılama ağırlığı bulunmamasına ek olarak yeniden yapılandırma süresinin 4 saat ile sınırlı kalması örnekte boyut ve gözenek durumunu kısmen olumsuz etkilemiştir. Ayrıca  $S_3$ : 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 ve  $S_4$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneklerinde MTGaz ve baskılama ağırlığının bir arada kullanılması ile, 4 saatlik yeniden yapılandırma süresinde uygun boyut ve gözenek sonuçları gözlemlenmiştir.

Şekilde verilen diğer fotoğraflar açısından, 14 saatlik örnekler arasında  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 ve  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örneklerinde MTGaz enzimi bulunmamaktadır. Bu duruma bağlı olarak örneklerin boyut ve gözenek miktarlarında sapmaya bağlı artış tespit edilmiştir.  $S_7 = S_8 = S_9$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 örnekleri ise aynı MTGaz ve baskılama ağırlığı içeriğine sahiptir. Bu örneklerde düşük baskılama ağırlığı ve MTGaz miktarı örnekleri 14 saatlik yeniden yapılandırma süresinde stabil hale getirerek, boyut

ve gözenek açısından stabil sonuçlar ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak  $S_{11}$ : 14S-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 örneği ise 14 saatlik yeniden yapılandırma süresinde yüksek baskılama ağırlığı ve MTGaz oranıyla en düşük gözenek ve boyut oranları ile optimum örneğe en yakın özelliklere sahip olarak tespit edilmiştir. Ancak,  $S_{10}$ : 14S-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 örneği ise içerdiği yüksek MTGaz oranına karşın, baskılama ağırlığı içermemesinden dolayı boyut ve gözenek açısından sapmaya sahip olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.13'e göre 24 saatlik örnekler açısından ise,  $S_{12}$ : 24S-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0 örneği düşük baskılama ağırlığı içermesi ancak MTGaz içermemesi nedeniyle boyut ve gözenek açısından sapma miktarı yüksek tespit edilmiştir. Ancak  $S_{14}$ : 24S-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16 ve  $S_{15}$ : 24S-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 örnekleri ise içerdikleri MTGaz miktarı ve baskılama ağırlığı ile boyut ve gözenek açısından optimum niteliklere yakın olarak gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.13.** Üretimi gerçekleştirilen 15 serinin gözenek-boyut analizi için yazılım kullanılarak işlenmiş örnek teşkil eden fotoğrafları

#### 4.1.4.1. Boyut taraması bulguları

Boyut taraması ile tespit edilen; hedeflenen ürün ile elde edilen ürün arasındaki sapma olup, bu değer % olarak ifade edilmiştir. MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi uygulanan örneklerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.10'da aktarılmıştır.

**Çizelge 4.10.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görüntüleme yazılımı ile boyutta sapma değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 14   | 24.6092176 | 948.33** |
| Hata                 | 15   | 0.0259500  |          |

(\*\*)p<0.01 düzeyinde önemli, (\*)p<0.05 düzeyinde önemli

MTGaz ilavesi, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığının örneklerin boyutlarındaki sapma üzerinde istatistiksel açıdan önemli (p<0.01) etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Farklı uygulama gruplarındaki levrek etlerinin boyut değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görüntüleme yazılımı ile boyutta sapma değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Boyutta Sapma Değeri (%) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 9.985 b                  |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 7.980 d                  |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 4.985 f                  |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 4.060 g                  |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 12.630 a                 |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 9.125 c                  |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 2.170 h                  |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 2.180 h                  |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 2.195 h                  |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 2.150 h                  |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 1.940 h                  |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 6.190 e                  |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 3.860 g                  |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 1.990 h                  |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 1.940 h                  |

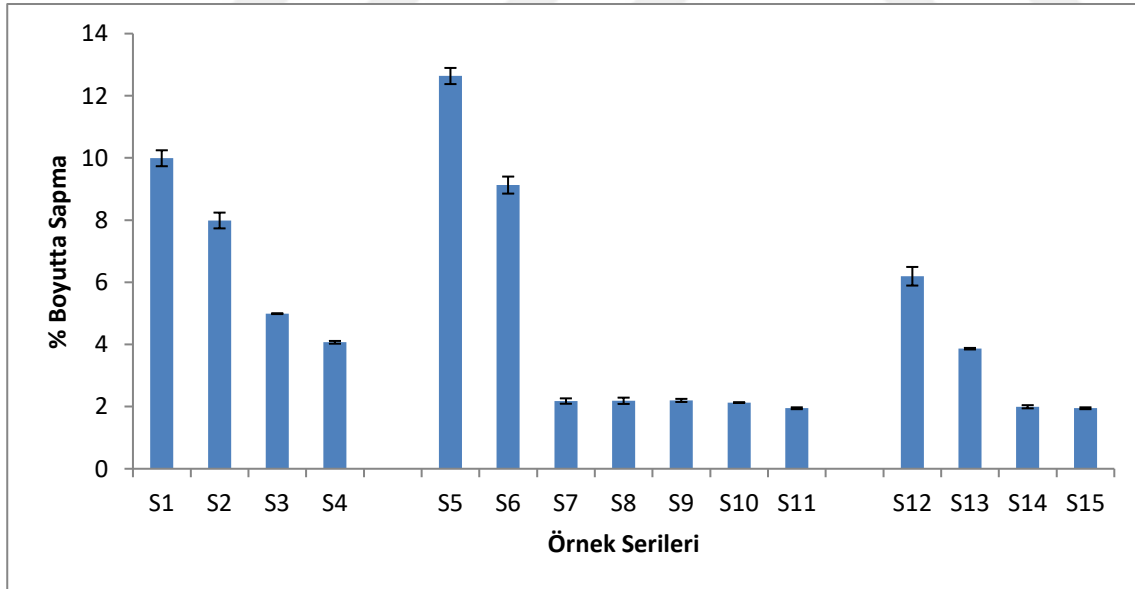
Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir

Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen 15 serinin optimum boyutlarda olduğunun belirlenebilmesi amacıyla görüntüleme yazılımı kullanılmıştır. Yapılan analizler neticesinde, 4 saat yeniden yapılandırma süresine tabii tutulan örnekler arasında, baskılama ağırlığı içermesine karşın MTGaz içermeyen örnek serisinde (S<sub>1</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0) boyut açısından en yüksek sapma değeri %9.99±0.25 gözlemlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığının bir arada kullanılması doğrultusunda ise (S<sub>4</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16) boyut açısından daha stabil bir değer olan %4.06±0.04 değeri tespit

edilmiştir. 4 saatlik örneklerde sapma oranı yüksek olarak gözlemlenmiştir. Bu durum diğer süre uygulamalarıyla da kıyaslandığında, MTGaz ve baskılama ağırlıklarının ürünlere şekil verebilecek yeterli süreye sahip olmadıkları tespit edilmiştir.

Örnekler arasında 14 saat yeniden yapılandırmaya tabii tutulan örnek serilerinde, ( $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %12.63±0.25 ve  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %9.12±0.27) MTGaz ve baskılama ağırlığı uygulamalarını bir arada içermeyen örneklerde boyut açısından en yüksek sapma ve ürünlerin dokusunda parçalanma tespit edilmiştir. Baskılama ağırlığının 2.54 gf/cm<sup>2</sup> ila 5.09 gf/cm<sup>2</sup> seviyelerinde tutulmasına ek olarak MTGaz'ın da kullanılmasıyla, boyutta sapma oranlarında düşüş belirlenmiştir. Buna göre MTGaz kullanımının ve baskılama ağırlığının yüksek oranlarda olduğu ( $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) örneğinde ise %1.94±0.02 değeri ile optimuma en yakın sonuç varlığı gözlemlenmiştir. 14 saatlik örneklerin 4 saatlik örneklere kıyasla boyutta sapma değerlerinin optimum değerlere daha yakın olduğu, MTGaz'ın etkinliğinin yapılandırma süresinin artmasına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir.

Yeniden yapılandırma süresi bakımından 24 saatlik örneklerde ise, 2.54 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığına karşın MTGaz içermeyen grupta ( $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %6.19±0.29 değeri) boyut oranlarında sapma ve ürün yapısında dağılma gözlemlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örneklerde boyutta sapma miktarı daha düşük seviyelerde tespit edilmiştir. Tüm yeniden yapılandırma sürelerinin kıyaslanması neticesinde boyutlarının stabil olduğu ve dokularının parçalanmadığı gözlemlenen örneklerin, özellikle 14 ve 24 saate ait olup, MTGaz ve baskılama ağırlıklarını bir arada içerdikleri belirlenmiştir (Şekil 4.14).



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

Şekil 4.14. Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerin boyutta sapma değerleri

Bazı araştırmalarda ise kumpas ve görüntü tarama yazılımının farkları ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır. Bir araştırmaya göre, lima fasülyesinin kumpas ölçümü için uzunluğu  $13.81 \pm 1.22$  mm, genişliği  $9.84 \pm 0.98$  mm bulunurken görüntü tarama yazılımı ile uzunluk  $13.65 \pm 1.14$  mm ve genişlik  $9.62 \pm 1.02$  mm olarak tespit edilmiştir. Bu ölçümler soya fasulyesi, bezelye ve nohut için de yapılmıştır. Araştırmacılar görüntü tarama yazılımlarının laboratuvar çalışmalarında verimli sonuçlar gösterdiğini ekonomik ve pratik olduğunu, dolayısıyla da laboratuvar araç gereçlerinden kaynaklanan hataların minimuma indirilmesine alternatif olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır (Igathinathe vd. 2009).

Literatürde görüntü tarama yazılımları ile gerçekleştirilen analizler çok sınırlıdır. Çalışmamızda kullanılan metod ve örnek şekline göre yapılan değerlendirmeler sonucu görüntü tarama yazılımı sonuçlarının da laboratuvar araç ve gereçlerine alternatif olarak kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Görüntü tarama yazılımları Java tabanlı olarak kullanılmakta, yazılım her çalıştırıldığında güncellemeleri denetleyerek kendini kalibre etmektedir. Araştırmamızda elde edilen sonuçlar tekstür analizi ve SEM analiziyle uyuşmaktadır.

#### 4.1.4.2. Gözenek taraması bulguları

Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen ürünlerde görüntüleme yazılımı ile tespit edilen gözenek taraması değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 4.12'de belirtilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin gözenek değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 14   | 2.59786286 | 406.76** |
| Hata                 | 15   | 0.00638667 |          |

(\*\*)p<0.01 düzeyinde önemli, (\*)p<0.05 düzeyinde önemli

Levrek etlerinin yeniden yapılandırılması parametreleri olan MTGaz miktarı, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının gözenek taraması değerleri üzerinde istatistiksel bakımdan önemli ( $p<0.01$ ) etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Görüntüleme yazılımı kullanılarak ürünlerde meydana gelen gözenek verileri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulması ardından sonuçlar Çizelge 4.13'de verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görüntüleme yazılımı ile ürünlerde meydana gelen gözenek değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi          | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Gözenek Miktarı (%) |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| <i>S<sub>1</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 4.065 b             |
| <i>S<sub>2</sub></i>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 2.040 e             |
| <i>S<sub>3</sub></i>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 1.540 f             |
| <i>S<sub>4</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 1.410 gf            |
| <i>S<sub>5</sub></i>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 4.370 a             |
| <i>S<sub>6</sub></i>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 3.405 c             |
| <i>S<sub>7</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 1.260 gh            |
| <i>S<sub>8</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 1.255 gh            |
| <i>S<sub>9</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 1.260 gh            |
| <i>S<sub>10</sub></i> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 1.150 ih            |
| <i>S<sub>11</sub></i> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 0.965 j             |
| <i>S<sub>12</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 2.750 d             |
| <i>S<sub>13</sub></i> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 1.490 f             |
| <i>S<sub>14</sub></i> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 1.250 gh            |
| <i>S<sub>15</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 1.010 ij            |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Görüntüleme yazılımı kullanılarak ürünlerin yüzeylerinde meydana gelen gözenek miktarlarının hesaplanması gözenek miktarı değeri olarak ifade edilmiştir. Ürünün tüm yüzey alanının hesaplanması ve üzerinde bulunan gözeneklerin bu alandan çıkartılması ile elde edilen yüzdelik veri sonuçları aktarılmıştır. Tüm örnekler incelendiğinde MTGaz içeren grupların, MTGaz içermeyen örnek gruplarına kıyasla daha az miktarda gözenekli oldukları belirlenmiştir. Ayrıca baskılama ağırlığının MTGaz'la birlikte kullanılması sonucu, gözenek miktarında azalma gözlemlenmiştir.

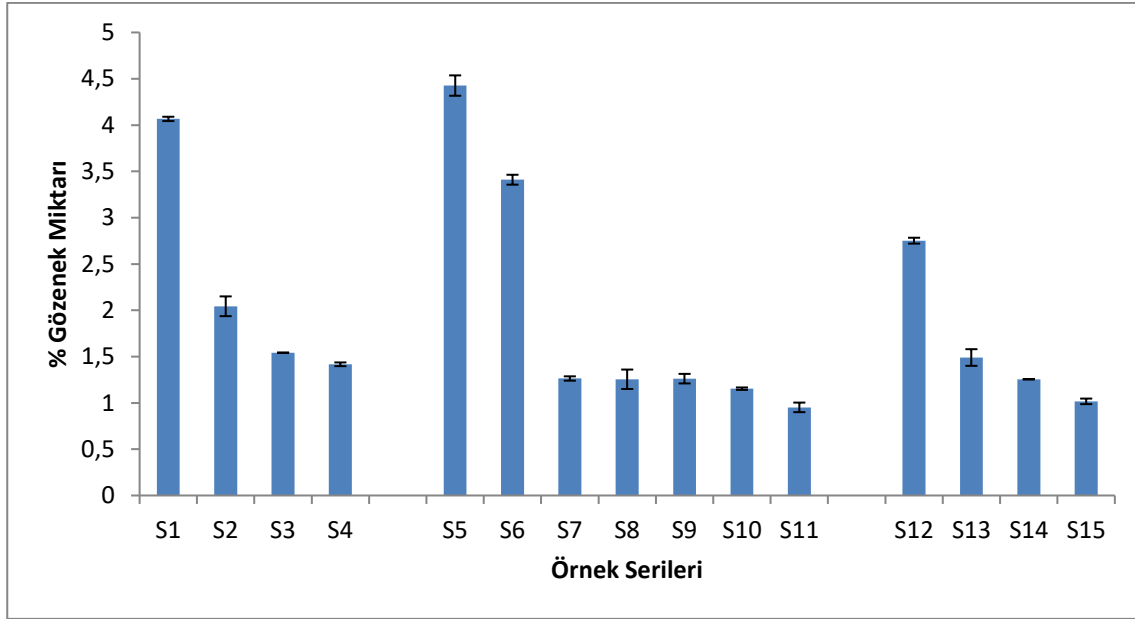
Örnekler arasında 4 saat yeniden yapılandırma süresine tabii tutulan serilerin sonuçları değerlendirildiğinde MTGaz içermeyen (*S<sub>1</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0) örneğe ait gözenek miktarının %4.06±0.02 değeri ile yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak, özellikle MTGaz ile birlikte baskılama ağırlığı kombinasyonlarını içeren örneklerin (*S<sub>4</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %1.41±0.02) gözenek miktarı sonuçlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yeniden yapılandırma süresi bakımından, 14 saatlik örneklerde ise MTGaz içermeyen örneklerin ( $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %4.42±0.11 ve  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %3.41±0.05) gözenek miktarları yüksek olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarını birlikte içeren örneklerde ise ( $S_7 = S_8 = S_9$ : 14 saat 2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için sırasıyla 1.26±0.02, 1.25±0.10, 1.26±0.05,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %0.95±0.05) gözenek miktarları daha düşük tespit edilmiştir.

Üretilen örneklerin 24 saat yeniden yapılandırması sonucu ise, MTGaz ve baskılama ağırlığı içermeyen örnek ( $S_{12}$ : 24S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %2.75±0.03) gözenek sonuçları yüksek olarak belirlenmiştir. MTGaz'la birlikte baskılama ağırlığı içeren örnekler ( $S_{13}$ : 24 saat 0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 1.49±0.09,  $S_{14}$ : 24 saat 5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 1.25±0.00,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %1.01±0.03) ise daha verimli olarak tespit edilmiştir. Buna ek olarak 4 saatlik yeniden yapılandırma süresi örneklerde stabil form oluşturacak düzeyde tespit edilememiştir. MTGaz ve baskılama ağırlıklarının etkinliklerinin daha iyi gözlemlenebilmesi için, yeniden yapılandırma süresinin 4 saatin üzerinde olması gerektiği belirlenmiştir (Şekil 4.15).

Yapılan bir çalışmada farklı pişirme metodları uygulanmış donut isimli hamurışı gıda ürünlerinin görüntü tarama yazılımı ile gözenek miktarının ölçülmesi hedeflenmiştir. Sonuçlara göre, yağda kızartılmış ürünlerin gözenek miktarının daha düşük (%56.5) olduğu ve boyutlarının daha yuvarlak olduğu belirlenmiştir. Buna karşın sıcak hava akımı ile kızartılmış ürünlerin ise gözenek miktarının daha yüksek (%60.2) olduğu ve boyut miktarlarının daha büyük olduğu vurgulanmıştır (Ghaitaranpour vd. 2018).

Literatür sonuçları doğrultusunda, gözenek hesabının bilgisayarlı yazılımlar ile analizinin henüz yaygınlaşmadığı ve her çalışmaya ait gözlem çeşitinin farklı olabileceği değerlendirilebilmektedir. Çalışmamızda yuvarlak şekle sahip yeniden yapılandırılmış ürünlerde ortaya çıkan gözenek miktarı örneklerin sahip olduğu her iki yüzeyin alanından gözeneklerin yüzey alanlarının çıkartılması hesaplanarak %'lik olarak aktarılmıştır. Sonuçlar tekstür analizi ve SEM analizi ile paralellik arz etmektedir (Şekil 4.15).



S<sub>1</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>2</sub>: 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>3</sub>: 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>4</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>5</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>6</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>7</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>8</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>9</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>10</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>11</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>12</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>13</sub>: 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>14</sub>: 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>15</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.15.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin gözenek taraması değerleri

#### 4.1.5. pH bulguları

Su ürünlerinde kalite değişimlerinin takip edilmesi amacıyla yapılan ölçümlerden bir tanesi de pH değeridir. Canlı balık kası pH değeri yaklaşık 7 iken, taze su ürünlerinde ölüm sonrası pH değeri 6.0-7.1 arasında değişebilmektedir. Mevsim şartları, balık türü ve diğer faktörlere göre su ürünleri pH değerleri çeşitlilik gösterebilmektedir (Sun vd. 2015; Özoğul vd. 2016). Balık etinde enzimatik reaksiyonlar ve mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak azotlu bileşiklerin dekompoze olması sonucu pH değerlerinde artış meydana gelmektedir. Dolayısıyla toplam uçucu baz (TVB-N) miktarı ile pH sonuçları arasında bağlantı kurulabilmektedir (Molina vd. 2014, Romani vd. 2018). Farklı araştırmalarda balık etlerinin otolitik aktivitesinin ve pH değerlerinin kırmızı ete göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, post-mortem glikoliz reaksiyonları laktik asit birikmesine sebebiyet vermekte ve pH değerlerinde düşüşe yol açabilmektedir (Otero vd. 2018). Hücreler içinde depolanmış olan glikojen miktarı balığın ölümünden önceki strese ve vücudundaki besin miktarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Yanagitsuru vd. 2019).

MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi uygulamaları doğrultusunda yeniden yapılandırılmış ürünlerin, pH değerlerine ait verileri istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.14'te belirtilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Uygulama grubu       | 14   | 0.01243190 | 57.38** |
| Hata                 | 15   | 0.00021667 |         |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı uygulamalarının pH değerleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Üretilen serilerdeki levrek etlerinin pH değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

**Çizelge 4.15.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin pH değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

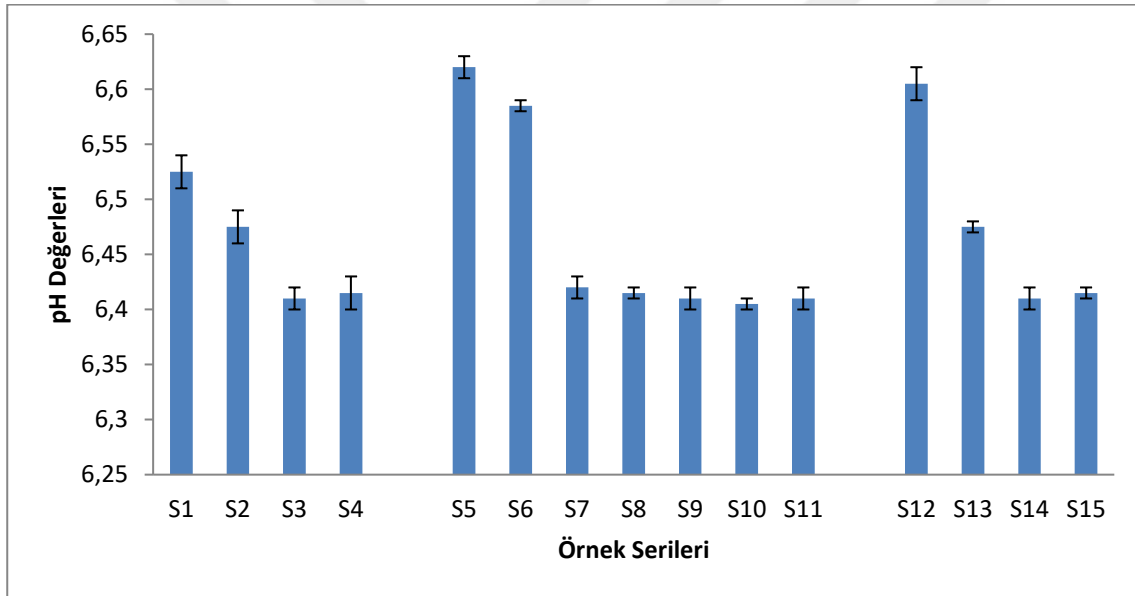
| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | pH Değeri |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 6.525 c   |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 6.475 d   |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 6.410 e   |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 6.415 e   |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 6.620 a   |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 6.585 b   |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.420 e   |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.415 e   |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.410 e   |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 6.405 e   |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 6.410 e   |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 6.605 ba  |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 6.475 d   |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 6.410 e   |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 6.415 e   |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

pH sonuçları açısından 4 saat yeniden yapılandırma süresine sahip örnekler incelendiğinde, 2.54 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığına sahip olan ancak MTGaz içermeyen (S<sub>1</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0) örneğine ait pH değeri 6.52±0.015 olarak belirlenmiştir. Ancak MTGaz içeren diğer örneklerde ise (S<sub>2</sub>: 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup> -%0.16 için 6.47±0.01, S<sub>3</sub>: 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 6.41±0.01, S<sub>4</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup> -%0.32 için 6.41±0.01) daha düşük pH değerleri tespit edilmiştir. Baskılama ağırlığının ise MTGaz ile birlikte kullanıldığında daha etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Yeniden yapılandırma açısından 14 saatlik süreye tabii tutulan örneklerde ise, MTGaz içermeyen örneklerin ( $S_5$ : 14S-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0 için  $6.62 \pm 0.01$  ve  $S_6$ : 14S-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0 için  $6.58 \pm 0.00$ ) pH değerleri yüksek olarak tespit edilmiştir. Ayrıca baskılama ağırlığı içermeyen ancak MTGaz içeren örnekte ise pH değeri ( $S_{10}$ : 14S-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 için  $6.40 \pm 0.00$ ) bir miktar yüksek gözlemlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örneklerde ise ( $S_{11}$ : 14S-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 için  $6.41 \pm 0.01$ ) daha düşük tespit edilmiştir.

Örnekler arasında 24 saat yeniden yapılandırma süresine tabii tutulan örneklerde MTGaz içermeyen örneğin ( $S_{12}$ : 24 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0 için  $6.60 \pm 0.01$ ) yüksek pH seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir. MTGaz ve özellikle baskılama ağırlığı kombinasyonlarını birlikte içeren örneklerin ( $S_{14}$ : 24S-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16 için  $6.41 \pm 0.01$ ,  $S_{15}$ : 24S-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 için  $6.415 \pm 0.005$ ) pH değerleri daha düşük olarak gözlemlenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, MTGaz ve baskılama ağırlığının birlikte kullanılmasının ürüne form vermenin yanı sıra, pH sonuçlarını da olumlu etkilediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.16).



$S_1$ : 4 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_2$ : 4 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32

**Şekil 4.16.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin pH değerleri

Su ürünlerinde ölüm sonrası pH düşüşünde etkili olan durum post-mortem glikoliz sonucu ortaya çıkan laktik asittir. Buna karşın pH değerinin yükselmesi ise bakteriyel ve enzimatik faaliyet sonucu ortaya çıkabilen bazik bileşiklerden kaynaklanmakta ve bozulma meydana gelmektedir (Molina vd. 2014). Su ürünleri başta olmak üzere gıdalardaki pH artışının mikroorganizmalar kaynaklı uçucu bazlar olabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından da vurgulanmıştır (Baumard ve Benjakul 2019).

Balık etinde bazik bileşiklerin dekompozisyonu sonrasında pH miktarının arttığı ve bu uçucu bazların levrek balığında da pH'ın artışına sebep olabildiği ifade edilmektedir. Araştırmacılar levrek balığının kasında post-mortem değerin pH 6.36 ile 7.78 aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir (Özoğul vd. 2016). Çalışmamızda da levrek balığı etinden elde edilen yeniden yapılandırılmış ürünlerin pH değerleri en yüksek  $6.62 \pm 0.01$  ve en düşük  $6.40 \pm 0.00$  aralığında bulunmuştur.

Tzikas vd. (2015) araştırmasında istavrit (*Trachurus mediterraneus*) türü balığın %0, %0.5 ve %1 oranlarında MTGaz ile birlikte %0, %1 ve %2 NaCl ilave edilerek yeniden yapılandırılması sonucu ortaya çıkan pH değerlerini gözlemlemişlerdir. Kontrol grubunun pH değeri  $6.40 \pm 0.02$  iken, %0.5 MTGaz içeren örnekler  $6.19 \pm 0.08$  ve %1 MTGaz içeren örnekler  $6.17 \pm 0.04$  olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde MTGaz içeren örneklerin pH değerleri kontrol örneklerine göre daha düşük olarak tespit edilmiştir. Araştırmamızda MTGaz'ın yanı sıra diğer katkı maddeleri yerine ürünlerin daha düşük maliyet ve standart formda üretilmesi amacıyla baskılama ağırlığı kullanılmıştır. Bu iki parametreyi içeren örneklerde pH miktarları diğer örneklerle göre daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Caiman timsahı (*Caiman crocodilus yacare*) etinin form kazanması için çeşitli kombinasyon oranları ile [(Kontrol (1.5% NaCl), T-1 (%1.5 NaCl+%1 MTGaz), T-2 (%0.75 NaCl+%1 MTGaz+%0.75KCl), T-3 (%0.75 NaCl+%1 MTGaz+%0.75 MgCl<sub>2</sub>) ve T-4 (%0.75 NaCl+%1 MTGaz+%0.375 KCl+%0.375 MgCl<sub>2</sub>)] serileri üretilerek duyuşal ve fizikokimyasal özelliklerini analiz etmişlerdir. pH değerlerine ait bulgulara göre, kontrol için 5.72, T-1 için 5.73, T-2 için 5.76, T-3 için 5.77, T-4 için 5.78 değerlerini tespit etmişlerdir (Canto vd. 2014).

Andres-Bello vd. (2011) çalışmalarında çipura (*Sparus aurata*) türü balıkta kontrol örneklerinin yanı sıra, 3 g/kg ve 6 g/kg MTGaz ile birlikte, 10 g/kg ve 20 g/kg miktarlarında NaCl eklenmiştir ve balık etleri yeniden yapılandırılmıştır. Çalışma doğrultusunda pH sonuçları bakımından 3 g/kg MTGaz ve 10 g/kg NaCl içeren örneklerin pH değerleri 6.15 seviyesinde, 3 g/kg MTGaz+20 g/kg NaCl içeren örneklerin pH düzeyleri ise 6.10 seviyesinde gözlemlenmiştir. Ayrıca 6 g/kg MTGaz+10 g/kg NaCl içeren örneklerin pH değerleri 6.10-6.15 arası değişmekteyken, MTGaz+20 g/kg NaCl içeren örneklerin pH değerlerini ise 6.10 civarında tespit etmişlerdir. Sadece her iki tuz oranından içeren ancak MTGaz içermeyen "kontrol" olarak isimlendirdikleri örneklerin pH sonuçları ise 6.20 ila 6.30 aralığında belirlenmiştir. Araştırmacılar MTGaz ilavesinin pH değerlerini bir miktar düşürdüğünü vurgulamışlardır.

Basaran vd. (2010) yaptıkları çalışmada %0.5 oranında MTGaz'ı tavuk eti, somon balığı (*Salmo salar*) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) etine uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre pH değerleri açısından tavuk eti için 5.8, somon balığı için 5.4 ve alabalık içinse 6.1 değerlerini tespit etmişlerdir. Araştırmamızda da MTGaz içeren örneklerde pH değerleri diğer örneklerle kıyasla daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Cardoso vd. (2010) yılında yaptıkları araştırmaya göre, %0, %0.5, %1, %1.5, %2, %2.5 oranlarında MTGaz ilave ettikleri levrek balığı etlerinin soğuk jelleşme

özelliklerini incelemişler ve MTGaz oranının değişmesinin pH değerlerine etkisinin bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Martelo-Vidal vd. (2016b) Araştırmalarında pH değerlerinin değiştiğini ancak bu değişimin daha yavaş gerçekleştiğini, bu durumun da MTGaz ile ilişkili olabileceğini vurgulamışlardır. Tez araştırmamızın ikinci kısımda aktarılan MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren optimum örnekte pH artışı yavaş gerçekleşmiştir. Çalışmamızda 15 seriye ait sonuçlar literatür sonuçlarıyla paralellik arz etmekte olup, MTGaz miktarının artışı, baskılama ağırlığındaki değişimler ve yeniden yapılandırma süresi gibi parametreler ürünlerin pH miktarındaki değişimine etki etmiştir.

#### 4.1.6. Mikrobiyolojik analiz bulguları

Balıkların avlanması veya hasat edilmesinin ardından meydana gelen biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişimler, bozulmanın temel sebeplerindendir. Su ürünleri doğal olarak yüksek oranda düşük moleküler ağırlıklı yapılar olan nükleotitler ve aminler gibi protein olmayan azotlu bileşikler ile amino asitleri içermekte olup, mikrobiyal faaliyeti teşvik etmektedir. Otolitik ve bakteriyel enzimatik aktiviteler, protein olmayan azotlu bileşikleri arttırmakta ve aminlerin, amonyumun, aldehitlerin, hidrojen sülfidlerin, merkaptanların, indollerin ve uçucu baz ile asitlerin miktarlarını da yükseltmektedir (Özoğul vd. 2016).

Su ürünlerinde bozulmaya sebep olan bakterilerin güçlü biyokimyasal aktiviteleri doğrultusunda ürünlerde kötü koku ve tat değişimleri ortaya çıkabilmektedir. Raf ömrü kimyasal ve bakteriyel aktiviteye bağlı olarak su ürünlerinde değişiklik gösterebilmektedir. Bu durumu yavaşlatabilmek ve kalitenin korunabilmesi için çeşitli katkı maddeleri kullanılabilir (Raeisi vd. 2016). Gerçekleştirilen tez çalışmasında doğal bir enzim olan MTGaz haricinde üründe herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır.

##### 4.1.6.1. Toplam psikrofilik aerob bakteri (TPAB) bulguları

Bakteriyel gelişme, su ürünlerinde kalitedeki bozulma ile doğrudan ilişkilidir. Soğuk depolama şartlarında psikrofilik aerobik bakteriler bozulmaya sebebiyet veren baskın mikroorganizmalardır (Molina vd. 2014).

Balık etlerinin yeniden yapılandırılması için soğuk ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ortamda MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve süre uygulaması ile ürünler üretilmiş ve TPAB bulguları istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 4.16’da aktarılmıştır.

**Çizelge 4.16.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin TPAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 14   | 0.17657143 | 176.57** |
| Hata                 | 15   | 0.00100000 |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

TPAB sonuçları bakımından, levrek etlerine uygulanan MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı parametrelerinin örnek serilerine istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Uygulama serilerinde bulunan yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin TPAB değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne ait sonuçları Çizelge 4.17'de belirtilmiştir.

**Çizelge 4.17.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin TPAB değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | TPAB (Log kob/g) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 3.50 e           |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 3.50 e           |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 3.45 ef          |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 3.45 ef          |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 3.90 c           |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 3.90 c           |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 3.70 d           |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 3.70 d           |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 3.70 d           |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 3.70 d           |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 3.65 d           |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 4.45 a           |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 4.10 b           |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 4.10 b           |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 4.10 b           |

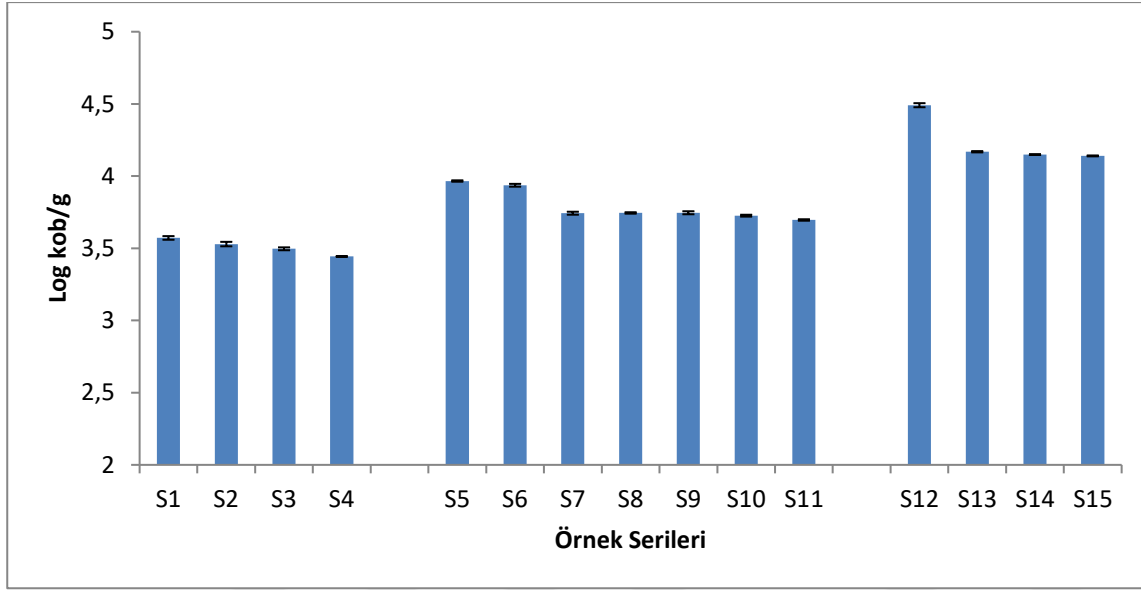
Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toplam psikrofilik aerob bakteri sonuçları yeniden yapılandırılmış örnekler için değerlendirilmeye alınmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar neticesinde 4 saat yeniden yapılandırma süresine tabii tutulan ve MTGaz içermeyen örnekte (S<sub>1</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 3.50 log kob/g) TPAB miktarı tespit edilmiştir. Diğer 4 saatlik yeniden yapılandırma süresine tabii tutulmuş örneklerde ise MTGaz ve baskılama ağırlığının birlikte kullanılması neticesi (S<sub>3</sub>: 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 3.45, S<sub>4</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 3.45 log kob/g) örneklerin sonuçları elde edilmiştir.

Gerçekleştirilen araştırmada 14 saatlik yeniden yapılandırma süresinin örnekler üzerinde TPAB miktarlarını 4 saatlik örneklere kıyasla daha da arttırdığı tespit edilmiştir. Buna göre MTGaz içermeyen örneklerde (S<sub>5</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 3.90 log kob/g, S<sub>6</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 3.90 log kob/g) TPAB bir miktar yüksek olarak gözlemlenmiştir. Ancak MTGaz ve özellikle de MTGaz ile birlikte baskılama

ağırlığı içeren örneklerde ( $S_7 = S_8 = S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 3.70 log kob/g, ve  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 3.65 log kob/g) olarak tespit edilmiştir.

Örnekler arasında 24 saat yapılandırılan serilerde ise, MTGaz içermeyen örnek ( $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 4.45 log kob/g) en yüksek TPAB sonuçlarına sahip olarak gözlemlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde ( $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 4.10 log kob/g). Tüm örnekler için TPAB verileri Şekil 4.17.'de görülmektedir.



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.17.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin TPAB değerleri

TPAB değerleri soğuk depolamada gıdalarda ortaya çıkan bozulmanın en önemli göstergelerinden bir tanesi olarak bilinmektedir. Araştırmacılar 4°C'de 10 gün boyunca kalite takibi yapılan ve içerisine levrek balığı yağı ilave edilmiş (5 ml/100g surimi) istavrit surimisine ait jellerin başlangıçtaki TPAB değerlerinin 2.09-2.19 log kob/g aralığında, 10.gün sonunda ise 4.71-4.93 log kob/g seviyesinde gözlemlenmiştir (Baumard ve Benjakul 2019).

Ceylan vd. (2017) araştırmalarında, levrek balığının filetosunun toplam TPAB miktarını incelemişler ve 7.günün sonunda kontrol örneklerini 8.26±0.41 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Aynı filetoları kitozan bazlı nanofiber ile kapladıklarında ise 7.günde 5.96±0.41 log kob/g sonucunu bulmuşlardır. Ürünleri sıvı duman yüklü kitosan bazlı nanofiber ile kapladıklarında ise 7.günde 6.78±0.12 log kob/g sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmamızda kontrol örneklerine ait yeniden yapılandırılmış levrek ürünlerinin TPAB değerleri diğer örneklerle kıyasla yüksek olarak gözlemlenmiştir.

Bir araştırmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının  $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmasıyla birlikte TPAB içeriği tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda depolama süresinin 6.günü geçmesiyle birlikte örneklerin 6 log kob/g limitine ulaştığı ve mikrobiyal açıdan kabul edilemez hale geldiği vurgulanmıştır (Raeisi vd. 2016).

Molina vd. (2014) araştırmalarında levrek balığı filetosunun  $4^{\circ}\text{C}$ 'deki toplam sayılabilir bakteri miktarını incelemişlerdir. Araştırmaya göre, depolama süresinin başlangıcında 2.0 log kob/g olan değerler, 11 günlük depolama periyodu sonunda 7.8 log kob/g'a ulaştığı vurgulanmıştır. İki farklı ultraviyole ışık ( $\lambda =250\text{ nm}$ 'de  $8\text{ kJ/m}^2$  ve  $16\text{ kJ/m}^2$ ) uygulanan örneklerde ise sırasıyla 7.1 ve 6.6 log kob/g değerleri ile kontrol örneklerine kıyasla daha iyi sonuçlar elde edildiğini belirlemişlerdir. Araştırmamızda da MTGaz içermeyen örneklerin, baskılama ağırlığına rağmen TPAB miktarları  $4^{\circ}\text{C}$ 'de yeniden yapılandırma sonucunda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Moreno vd. (2013) yaptıkları çalışmada, (%0.5 veya %1.0) MTGaz içeriğiyle yeniden yapılandırılmış berlam balığı etinin (*Merluccius capensis*) yeniden yapılandırma ve depolamaya ( $5^{\circ}\text{C}$ ) bırakılması neticesi kalite değişimlerini gözlemlemişlerdir. Toplam bakteri sayımında örneklerde 1.günde, dilimlenmiş ve MTGaz içeren etlerde  $2.15\pm0.32$  log kob/g, 21.günde ise  $3.96\pm0.32$  log kob/g değerini belirlemişlerdir Buna ek olarak parçalanıp yoğurulmuş ve MTGaz içeren etlerde, 1.günde  $2.98\pm0.25$  log kob/g değerlerini ve 21.gün sonunda ise  $6.66\pm0.89$  log kob/g mikrobiyal yük tespit etmişlerdir.

Cakli vd. (2007) yılındaki araştırmalarına göre, çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarını  $4.15\pm1.12^{\circ}\text{C}$ 'de depolamışlar ve kalite değişimlerini takip etmişlerdir. Levrek balıkları için 1.günde  $2.47\pm0.06$  log kob/g olarak başlayan TPAB değerleri 18.günde  $8.19\pm0.01$  log kob/g olarak sonlanmıştır. Aynı araştırmacılar çipura balığı için de TPAB değerlerini 1.günde  $2.31\pm0.12$  log kob/g olarak ve 18.gündeyse  $8.13\pm0.04$  olarak gözlemlemişlerdir. Balıklarda TPAB limitinin 7 log kob/g olduğunu vurgulamışlardır. Ürünler içerisinde çözünen madde miktarı ve düşük su aktivitesinin ürünlerde mikrobiyal gelişmeyi sınırlandırdığı vurgulanmıştır.

Aktarılan araştırmalara göre, su ürünlerinin türü, yüksek su ve yağ içeriği, avlanmasını takiben taşınması, depolama şartları, iç organlarının varlığı ve ürünün şekli, işleme metodları gibi farklılıkların mikrobiyolojik analiz sonuçlarına etki ettiği vurgulanmıştır. Tez çalışmasında yeniden yapılandırılmış ürünler ile literatür taraması sonucu aktarılan ürünler arasında işleme metodları açısından farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmamızda ( $4^{\circ}\text{C}$ 'de) 4-14-24 saatlik yeniden yapılandırma süreleri ve MTGaz oranlarının değişkenliği ile baskılama ağırlığı miktarları açısından sonuçlar aktarılmıştır. Ürünlerin yapılandırma süreleri, kalite durumları ve su aktivitelere göre mikrobiyoloji sonuçları da benzer seviyelerde değişim gösterebilmektedir.

#### 4.1.6.2. Toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) bulguları

Farklı MTGaz miktarları, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi parametreleri yeniden yapılandırma amacıyla levrek etlerine uygulanmıştır. Elde edilen ürünlerde TMAB değerleri tespit edilmiş, istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.18’de aktarılmıştır.

**Çizelge 4.18.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin TMAB değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 14   | 0.21176190 | 635.29** |
| Hata                 | 15   | 0.00033333 |          |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Uygulanan parametrelerin TMAB değerlerine istatistiksel açıdan önemli etkisi olduğu (p<0.01) belirlenmiştir. Levrek etlerinin uygulama serilerinde TMAB değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabi tutularak sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

**Çizelge 4.19.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin TMAB değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

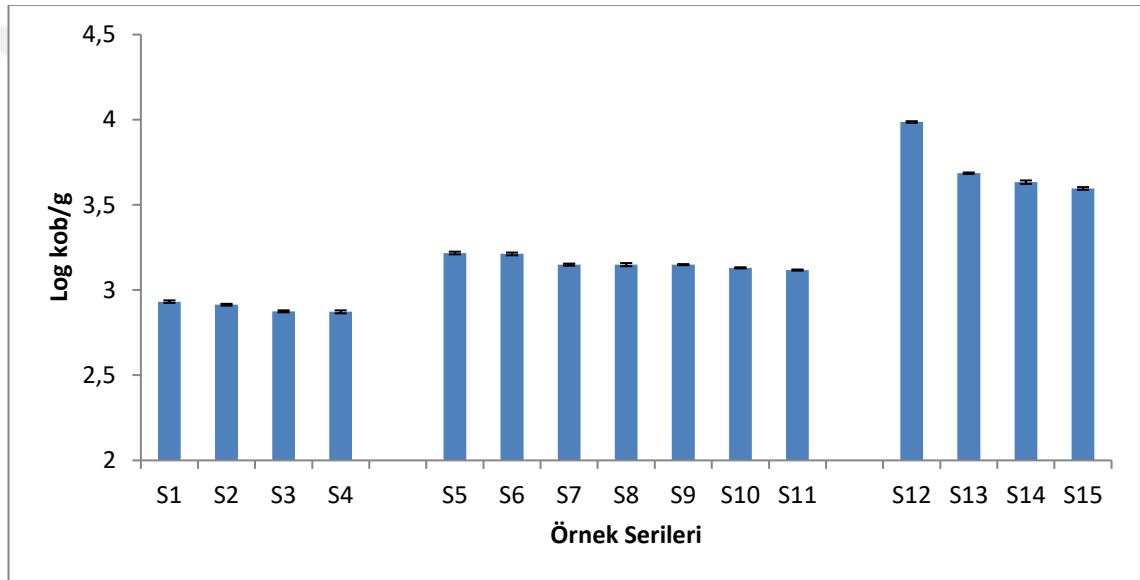
| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | TMAB (Log kob/g) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 2.90 f           |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 2.90 f           |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 2.85 fg          |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 2.85 fg          |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 3.20 d           |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 3.20 d           |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 3.10 e           |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 3.10 e           |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 3.10 e           |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 3.10 e           |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 3.10 e           |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 3.90 a           |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 3.60 b           |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 3.60 b           |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 3.60 b           |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir

Üretilen 15 örnek serisi için yeniden yapılandırma sonrası TMAB sayımı gerçekleştirilmiştir. 4 saat yeniden yapılandırmaya sahip örnekler arasında MTGaz içermeyen (S<sub>1</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 2.90 log kob/g) örnekte TMAB miktarı yüksek olarak tespit edilmiştir.

Bunun yanı sıra, 14 saat yeniden yapılandırma süresine tabii tutulmuş MTGaz içermeyen örneklerde ( $S_5$ : 14S-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0 için 3.20 log kob/g,  $S_6$ : 14 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0 için 3.20 log kob/g) TMAB değerleri olarak gözlemlenmiştir. MTGaz içeren gruplarda ise baskılama ağırlığının da etkisiyle ( $S_{11}$ : 14S-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 için 3.10 log kob/g) TMAB artışı oransal olarak logaritmik açıdan yaklaşık değerlerde belirlenmiştir.

Örnek serileri arasında 24 saatlik yeniden yapılandırmaya bırakılan ürünlerde ise,  $S_{12}$ : 24S-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0 için 3.90 log kob/g seviyesinde tüm örnekler arasında en yüksek TMAB değerleri gözlemlenmiştir. MTGaz ve özellikle baskılama ağırlığını tüm örnekler değerlendirildiğinde ise, yeniden yapılandırma süresinin 4 saatten 14 ve 24 saate çıkması halinde logaritmik kob/g oranında artış belirlenmiştir, ancak baskılama ağırlığı ve MTGaz parametrelerinin bir arada kullanılması halinde, bu artış bir miktar yavaşlamıştır (Şekil 4.18).



$S_1$ : 4 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_2$ : 4 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09  $\text{gf/cm}^2$ -%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32

**Şekil 4.18.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin gözenek taraması sonuçları

Levrek balıklarının fileto edilmesiyle gerçekleştirilen bir çalışmada  $2\pm 2^\circ\text{C}$ 'de depolama sonucunda ortaya çıkan TMAB değişimi 0.günde 2.97 log kob/g, 8.günde ise duysal açıdan reddedilecek duruma gelerek 8.69 log kob/g ulaştığı gözlemlenmiştir. TMAB kabul edilebilir sınır değer 7 log kob/g olduğu belirtilmiştir (Özoğul vd. 2016).

Levrek balığının (*Dicentrarchus labrax*)  $4\pm 2^\circ\text{C}$ 'de depolandığı başka bir çalışmada TMAB değerleri 1. gün  $2.78\pm 0.02$  log kob/g, 18.gün ise  $8.04\pm 0.07$  log kob/g olarak belirlenmiştir (Cakli vd. 2007). Papadopoulos vd. (2003) ise  $2\pm 2^\circ\text{C}$ 'de buz içerisinde depoladıkları levrek balığının başlangıç TMAB değerini 4 log kob/g

belirlemiş olup, iç organların uzaklaştırılması sonucu 16. günde 7 log kob/g, iç organları ile birlikte depolanmış örneklerde ise 8 log kob/g tespit etmişlerdir.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında levrek balıklarının yeniden yapılandırılması sonucunda yeniden yapılandırma süresine bağlı olarak TMAB değerlerinde artış belirlenmiş ancak tüketilebilirlik sınırının çok altında olduğu görülmüştür.

Ceylan vd. (2017) araştırmalarında, levrek balığının filetosunun TMAB oranı incelenmiş ve 7.günün sonunda kontrol örneklerinde  $7.14 \pm 0.44$  log kob/g tespit edilmiştir. Aynı filetoları kitozan bazlı nanofiber ile kapladıklarında ise 7.günde  $4.70 \pm 0.06$  log kob/g sonucuna ulaşırlarken, sıvı duman yüklü kitosan bazlı nanofiber ile kapladıklarında ise 7. günde  $6.86 \pm 0.10$  log kob/g değeri vurgulanmıştır. Araştırmamızda MTGaz ve baskılama ağırlığını bir arada içermeyen örnekler, diğer uygulama gruplarına kıyasla yüksek TMAB değerlerine sahip olarak gözlemlenmiştir.

Kılınc vd. (2007) yılında yaptıkları araştırmada, çipura ve levrek balıklarının 15 gün boyunca su-buz karışımı ve yaprak buz içerisindeki kalite değişimlerini takip etmişlerdir. 1.günde su-buz karışımı içerisindeki levrek balıklarının mezofilik bakteri değerleri için 2.14 log kob/g değerini gözlemlemişlerdir. Aynı balıkta 15.günde bu örnek için TMAB 7.04 log kob/g olarak belirtilmiştir. Yaprak buz içerisindeki levrek balığının 1.günde mezofilik bakteri değeri 3.43 kob/g ve 15.günde ise 8.29 log kob/g olarak gözlemlenmiştir. Çipura balığı için bulamaç buz içerisindeki örnekler 1.günde 2.03 log kob/g ve 7.12 log kob/g olarak ifade edilmiş, yaprak buz içerisinde çipura balığı içinse 1.günde 3.40 log kob/g ve 15.günde ise 8.29 log kob/g olarak gözlemlenmiştir.

Martelo-Vidal vd. (2016b) araştırmalarında beyaz ton balığı (*Thunnus alalunga*) etinin 4°C'de 450 U/kg MTGaz ilavesiyle 18 saat yapılandırılmasını incelemiş ve TMAB miktarını başlangıçta 2.49 log kob/g, 5.günde 5.40 log kob/g ve 12.günde ise 10.47 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar sıcaklık, süre ve MTGaz oranlarının üründe su aktivitesini düşürerek mikrobiyal ve enzimatik reaksiyonları yavaşlattığını vurgulamışlardır.

Ürünlerin avlanması sonrası sıcaklıkları ve depolama ile taşıma şartları ürünlerin mikrobiyal yükünü etkilediği bilinmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada soğuk zincir korunmasının yanı sıra, hijyen ve sanitasyon kurallarına da riayet edilmiştir. Mikrobiyoloji sonuçları ürünlerin genel kalite durumları, depolama şartları, olgunlaştırma şartları, su aktivitesi miktarlarına göre farklılık gösterebilmektedir.

#### 4.1.7. Su aktivitesi bulguları

Yeniden yapılandırılmış levrek etleri MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve süre değişkenleri ile yapılandırdıktan sonra ortaya çıkan su aktivitesi değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

**Çizelge 4.20.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Uygulama grubu       | 14   | 0.00001296 | 14.40** |
| Hata                 | 15   | 0.00000090 |         |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Su aktivitesi değerlerinin tespiti açısından, MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı uygulamalarının örnek serileri üzerinde istatistiksel olarak önemli (p<0.01) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Uygulama serilerinin levrek etlerinin su aktivitesi sonuçları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne aktarılarak sonuçları Çizelge 4.21.'de değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.21.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin su aktivitesi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Su aktivitesi (aw) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 0.9945 a           |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 0.9915 bc          |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 0.9905 bcd         |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 0.9905 bcd         |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 0.9940 a           |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 0.9925 ba          |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.9895 ecd         |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.9890 efd         |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.9900 cd          |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 0.9875 egf         |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 0.9865 g           |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 0.9915 bc          |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 0.9885 egfd        |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 0.9870 gf          |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 0.9865 g           |

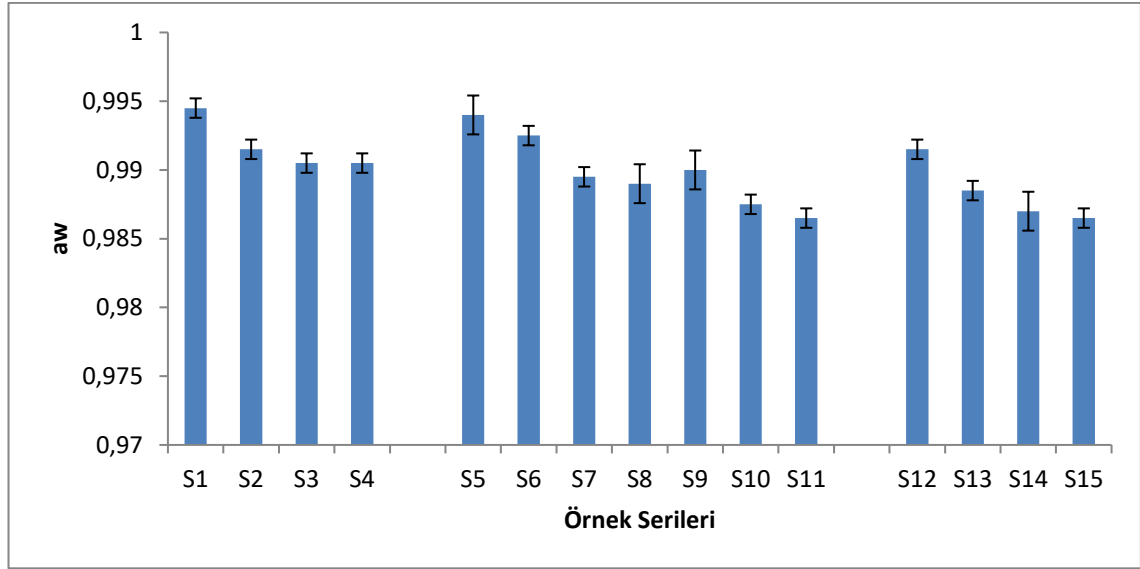
Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Su aktivitesi, gıdalar içerisindeki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranıdır (Villca vd. 2020). Su aktivitesi mikroorganizmaların gelişimi üzerinde etkili olmasının yanı sıra fiziksel, kimyasal ve enzimatik pek çok reaksiyon üzerinde etkili olup gıdalarda bulunan su miktarı %98'in üzerine çıkabilmektedir (Yıldırım vd. 2018). Balıkların tuzlanması, kurutulması gibi işleme yöntemleri su aktivitesini kontrol altına almakta ve düşük su aktivitesi nedeniyle uzun raf ömrüne ulaşabilmektedir. Ancak bu durum tekstürel yapıyı doğrudan etkileyebilmektedir. Soğuk depolama şartları çeşitli su ürünlerinin kaslarında, protein denatürasyonuna yol açmakta ve su tutma özelliğini azaltmaktadır (Cakli vd. 2007; Molina vd. 2014; Juarez-Enriquez vd. 2019).

Su ürünleri yüksek su aktivitesine sahip ürünlerdir (Gökoğlu 2002). Üretime alınan 15 örnek serisinin su aktivitesi sonuçları Şekil 4.19'de verilmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarının bir arada kullanılması ürünlerin su aktivitesinde bir miktar düşüş sağlamıştır. 4 saatlik yeniden yapılandırma süresine sahip olan örneklerde, yeniden yapılandırma süresinin yetersiz olması, MTGaz ve baskılama ağırlığının yeterince etkinlik sağlayamaması nedeniyle, su aktivitesi oranlarında ciddi bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Yeniden yapılandırma süresi 4 saat olan örnekler arasında en yüksek su aktivitesi değeri, MTGaz içermeyen ( $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 0.9945±0.00) örnek serisinde gözlemlenmiştir. Ayrıca 4 saatlik örnekler arasında en düşük su aktivitesine sahip örnek olarak  $S_4$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 0.9905±0.00 değeri ile tespit edilmiştir. 14 Saatlik yeniden yapılandırma süresine bağlı olarak ise,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 0.9940±0.00 ve  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 0.9925±0.00 verileri ile örnek serilerinde en yüksek su aktivitesi değerleri gözlemlenmiştir. Ortaya çıkan bu durumun her iki örnekte de MTGaz bulunmamasına bağlı olduğu belirlenmiştir. 14 saatlik yeniden yapılandırma süresi boyunca ise en düşük su aktivitesine sahip örnek  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 0.9865±0.00 olarak tespit edilmiştir.

24 saatlik yeniden yapılandırma süresine ait örnekler kendi aralarında kıyaslandıklarında ise, 2.54 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığı içeren ancak hiç MTGaz içermeyen örnek olan  $S_{12}$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örneği için 0.9915±0.00 sonucu ile en yüksek su aktivitesi değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın aynı baskılama ağırlığı (2.54 gf/cm<sup>2</sup>) içermesine rağmen, %0.32 MTGaz içeren  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 0.9865±0.00 değeriyle 24 saatlik örnekler arasında en düşük su aktivitesi değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm bu değerlendirmeler Şekil 4.19'a göre yapılmıştır.



S<sub>1</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>2</sub>: 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>3</sub>: 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>4</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>5</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>6</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>7</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>8</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>9</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>10</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>11</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>12</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>13</sub>: 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>14</sub>: 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>15</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.19.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin su aktivitesi bulguları

Martelo-Vidal vd. (2016b) araştırmalarında beyaz ton balığı (*Thunnus alalunga*) etinin 450 U/kg MTGaz ilavesiyle birlikte ortaya çıkan kalite değişimlerini incelemiştir. MTGaz ilavesi olmayan kontrol örneklerinde su aktivitesi oranı  $0.980 \pm 0.004$  aralığında tespit edilirken, MTGaz ilaveli 4°C'de 18 saat 450 U/kg MTGaz ile yapılandırılan örneklerde en düşük değerleri  $0.969 \pm 0.005$  verisi ile gözlemlemiştir. Araştırmada MTGaz ilavesi ve yapılandırma süresinin su aktivitesini düşürdüğünü vurgulamışlardır. Çalışmamızda da buna paralel şekilde MTGaz, baskılama ağırlığı ilavesinin ardından farklı yapılandırma sürelerinde örneklerin su aktivitesi değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir.

Andres-Bello vd. (2011) çalışmalarında çipura (*Sparus aurata*) türü balığa kontrol örneklerine ek olarak, 3 g/kg ve 6 g/kg olmak üzere MTGaz ile birlikte, 10 g/kg ve 20 g/kg NaCl ilaveleri ile elde ettikleri yeniden yapılandırılmış ürünlerin çeşitli bulgularını aktarmışlardır. Araştırmaya göre su aktivitesi sonuçları açısından 3 g/kg MTGaz ve 10 g/kg NaCl içeren örnekler 0.980-0.985 seviyesinde, 3 g/kg MTGaz+20 g/kg NaCl içeren örnekler ise 0.970-0.975 seviyesinde tespit edilmiştir. Ayrıca, 6 g/kg MTGaz+10 g/kg NaCl içeren örneklerin su aktivitesi değerlerinin 0.980-0.985 seviyesinde, 6 g/kg MTGaz+20 g/kg NaCl içeren örneklerin su aktivitesi değerlerinin ise 0.973-0.975 seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir. Sadece her iki oranda tuz içeren "kontrol" olarak isimlendirdikleri örneklerin su aktivitesi değerleri ise 0.975 ile 0.985 aralığında vurgulanmıştır. Araştırmacılar MTGaz ilavesinin NaCl ile de birlikte kullanılmasının su aktivitesi değerlerini bir miktar azalttığını belirtmişlerdir.

Literatür bulguları doğrultusunda su aktivitesinin su-çözünen ve su-yüzey etkileşimine bağlı olduğu ve deamidasyon, proteinler arası çapraz bağlanma gibi reaksiyonların su aktivitesini azaltabileceği bildirilmiştir. Dolayısıyla işleme

yöntemlerinin su aktivitesini etkilediği, bunların sonucunda da enzimatik ve mikrobiyal bozulmanın yavaşladığı ifade edilmektedir (Cakli vd. 2007). Aynı zamanda ürünün yapılandırma sıcaklığının, süresinin ve MTGaz içeriğinin de su aktivitesi oranlarını etkilediği bazı çalışmalarda vurgulanmıştır (Martelo-Vidal vd. 2016b; Juarez-Enriquez vd. 2019) MTGaz proteinler arası çapraz bağlanmaları teşvik ederek protein ağını geliştiren bir niteliğe sahiptir. Bu katkı maddesine ilave olarak kullanılan baskılama ağırlığı sayesinde, MTGaz'ın çözünürlüğünün artırılarak çapraz bağlanmaların teşvik edilmesi sağlanmıştır. SEM ve tekstür profil analizi sonuçları da bu durumu desteklemektedir.

#### 4.1.8. Duyusal analiz bulguları

Su ürünleri işleme teknolojisi sayesinde, pazarlanabilir ürünlerden maksimum verim elde edilebilmesi için, yenmeyen kısımlar da dahil olmak üzere çeşitli et kısımlarının yeniden yapılandırılması ivme kazanmıştır. Aynı zamanda işleme teknikleri ürünlerin görünüş, lezzet, tekstür, besin değeri ve pazarlanma değerini arttırabilmek için kullanılmaktadır.

MTGaz sayesinde yeniden yapılandırılmış ürünlerin protein polimerizasyonu gerçekleştirilerek farklı dokuya ve duyusal özelliklere sahip ürünler elde edilmektedir. Bunlardan bazıları; balık ezmesi, krill ezmesi, balık burger, kolajenler kapsamında değerlendirilen ve köpek balıklarının avlanmasını azaltmak için yapılan yüzgeç imitasyonları olarak bilinmektedir (Gonçalves vd. 2010).

Tanımlayıcı duyusal analiz görme, koklama, dokunma, tat ve işitme duyuları ile algılanan ürünlere verilen tepkileri uyandırmak, ölçmek, analiz etmek ve yorumlamak için kullanılan bir nitel bilimsel yöntemdir. Gerçekleştirilen tez çalışmasının birinci kısmında 15 seri olarak Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örnekler, 180°C'de 150 saniye olacak şekilde kızgın ayçiçek yağı içerisine daldırılarak ısı işlem uygulanmıştır. Daha önceden ortaya konulan tanımlamalar doğrultusunda, Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi bünyesinde, duyusal analiz deneyimi olan 20 erkek 20 kadın olmak üzere toplam 40 kişiye sunularak duyusal analizler gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1.8.1. Görünüş bulguları

MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve süre değişkenleri ile yapılandırma işlemi neticesinde ortaya çıkan balık eti ürünlerinde görünüş değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin görünüş değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Uygulama grubu       | 14   | 1.69583333 | 25.44** |
| Hata                 | 15   | 0.06666667 |         |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Görünüş değerlerinin panelistlerce değerlendirilmesi doğrultusunda, MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı parametrelerinin görünüş değerlerine istatistiksel açıdan önemli ( $p<0.01$ ) etkisi olduğu tespit edilmiştir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanan yeniden yapılandırılmış levrek etleri sonuçları ise Çizelge 4.23'te verilmiştir.

**Çizelge 4.23.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin görünüş değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

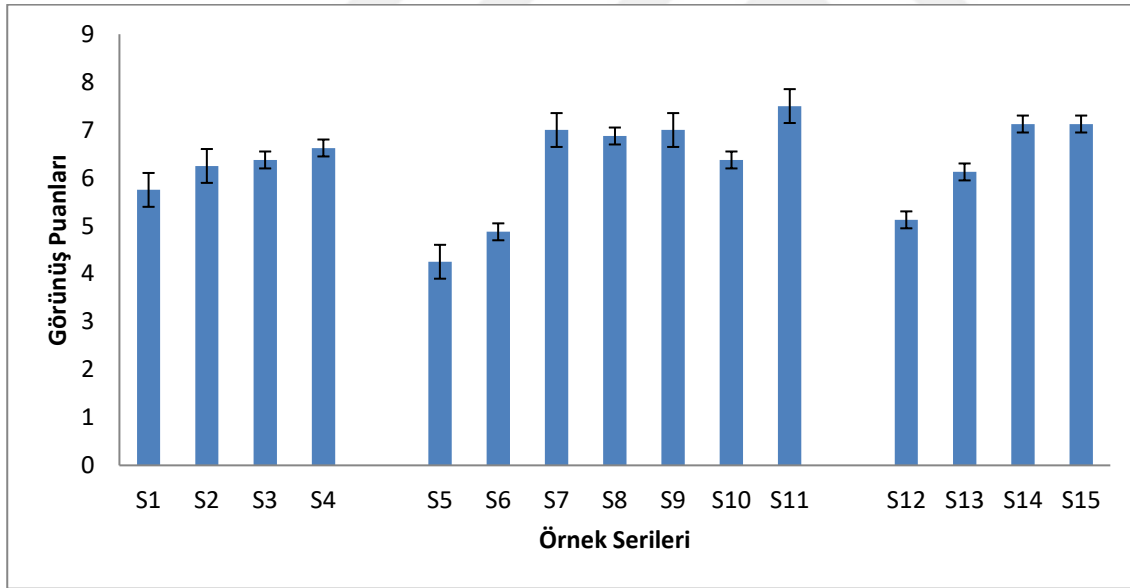
| Örnek Serisi | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı ( $\text{gf}/\text{cm}^2$ ) | MTGaz Miktarı (%) | Görünüş Değerleri |
|--------------|----------------------------|------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| $S_1$        | 4                          | 2.54                                           | 0                 | 5.750 e           |
| $S_2$        | 4                          | 0                                              | 0.16              | 6.125 ed          |
| $S_3$        | 4                          | 5.09                                           | 0.16              | 6.375 cd          |
| $S_4$        | 4                          | 2.54                                           | 0.32              | 6.625 bcd         |
| $S_5$        | 14                         | 0                                              | 0                 | 4.250 g           |
| $S_6$        | 14                         | 5.09                                           | 0                 | 4.875 f           |
| $S_7$        | 14                         | 2.54                                           | 0.16              | 6.875 bc          |
| $S_8$        | 14                         | 2.54                                           | 0.16              | 6.875 bc          |
| $S_9$        | 14                         | 2.54                                           | 0.16              | 6.875 bc          |
| $S_{10}$     | 14                         | 0                                              | 0.32              | 6.375 cd          |
| $S_{11}$     | 14                         | 5.09                                           | 0.32              | 7.500 a           |
| $S_{12}$     | 24                         | 2.54                                           | 0                 | 5.125 f           |
| $S_{13}$     | 24                         | 0                                              | 0.16              | 6.125 ed          |
| $S_{14}$     | 24                         | 5.09                                           | 0.16              | 7.125 ba          |
| $S_{15}$     | 24                         | 2.54                                           | 0.32              | 7.125 ba          |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Yeniden yapılandırma süresi bakımından 4 saate ait örnekler arasında, baskılama ağırlığı ve MTGaz içermeyen örnek olan  $S_1$ : 4S-2.54  $\text{gf}/\text{cm}^2$ -%0 için görünüş değeri  $5.75\pm0.35$  seviyesinde elde edilerek panelistler tarafından düşük beğeni puanlarına sahip olmuştur. MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarını birlikte içeren örneklerde,  $S_3$ : 4S-5.09  $\text{gf}/\text{cm}^2$ -%0.16 için  $6.37\pm0.17$  ve  $S_4$ : 4S-2.54  $\text{gf}/\text{cm}^2$ -%0.32 için  $6.62\pm0.17$  değerleri elde edilerek daha yüksek görünüş puanları tespit edilmiştir.

Örnekler arasında 14 saat yeniden yapılandırma süresine tabii tutulanlar açısından ise, yalnızca baskılama ağırlığı içerip, MTGaz içermeyen ( $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $4.25 \pm 0.35$  ve  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $4.87 \pm 0.17$ ) örneklerde duyuşal açıdan düşük beğeni sonuçları gözlemlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarını birlikte içeren örnekler ( $S_7 = S_8 = S_9$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $6.87 \pm 0.17$ ,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $7.50 \pm 0.35$ ) görünüş açısından daha güzel olarak değerlendirilmiştir.

Panelistlerin değerlendirmesi neticesinde 24 saat yapılandırılan örnekler açısından MTGaz içermeyen ancak baskılama ağırlığına sahip ( $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.12 \pm 0.17$ ) örnekler düşük puanlara sahip olarak belirlenmiştir. MTGaz içeren ancak baskılama ağırlığı içermeyen ( $S_{13}$ : 24S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $6.12 \pm 0.17$ ) örnekler ise ikinci sırada beğeni puanlarına sahip olarak tespit edilmiştir. En beğenilen örnekler ise MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren ( $S_{14}$ : 24S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $7.12 \pm 0.17$  ve  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $7.12 \pm 0.17$ ) örnekler olarak gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen duyuşal analizler neticesinde, panelistler tarafından 4, 14 ve 24 saatlik yeniden yapılandırma süresine tabii tutulan örnekler arasında 0 puan ile 9 puan arasında değerlendirilerek en beğenilen örnekler MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örnekler olmuştur. Özellikle 14. Saat yapılandırmaya tabii tutulan örnekler koku, görünüş, lezzet ve tekstür gibi tüm parametreler açısından en beğenilen örnekler olarak gözlemlenmiştir (Şekil 4.20).



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

Şekil 4.20. Yanıt Yüzey Metodu ile üretilen örneklerin görünüş sonuçları

Gonçalves vd. (2010) yaptıkları çalışmaya göre, *Micropogonias furnieri* türü balık, çeşitli MTGaz içeriklerine göre (%1.5, %1 ve %0.5) panelistlere sunulmuş ve görünüş değerleri bakımından elde edilen sonuçlar ortalama olarak  $6.33 \pm 1.15$  seviyesinde gözlemlenmiştir. Çalışmamızda daha düşük MTGaz oranları kullanılmasına rağmen, baskılama ağırlığının da etkisiyle ürünler daha stabil forma ulaşmışlardır. Bu sayede panelistler tarafından beğeni puanları ortalamanın üstünde değerlerde gözlemlenmiştir.

Caiman timsahı (*Caiman crocodilus yacare*) türünün boyun, bacak, kuyruk ve sırt etlerinden yeniden yapılandırılmış ürün eldesine yönelik bir çalışmada, [(Kontrol (%1.5 NaCl), T-1 (%1.5 NaCl+%1 MTGaz), T-2 (%0.75 NaCl + %1 MTGaz+%0.75 KCl), T-3 (%0.75 NaCl+%1 MTGaz+%0.75 MgCl<sub>2</sub>) ve T-4 (%0.75 NaCl+%1 MTGaz+%0.375 KCl +%0.375 MgCl<sub>2</sub>)] serileri üretilerek duyuusal ve fizikokimyasal özelliklerini analiz etmişlerdir. Araştırmacılar bu örneklerde, pişirme sonrası görünüşe ait tanımlayıcı duyuusal analiz gerçekleştirmişler ve kontrol örneklerinde en yüksek puanları T-2 ve T-4 serilerinde gözlemlenmiştir (Canto vd. 2014).

Farklı şekilde yeniden yapılandırılmış su ürünlerinin MTGaz ilavesiyle ortaya çıkan sonuçları doğrultusunda, baskılama ağırlığı ve yeniden yapılandırma süresine de bağlı olarak MTGaz'ın örneklerde daha sıkı ve düzgün bir şekil meydana getirdiği ve görünüş değerleri açısından olumlu sonuçlar ortaya çıktığı gözlemlenmektedir.

#### 4.1.8.2. Koku bulguları

Duyuusal analizlerin gerçekleştirilmesi amacıyla üretilen örneklerin, MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı değişkenleri ile yapılandırma süresi parametreleri doğrultusunda elde edilen analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir.

**Çizelge 4.24.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F     |
|----------------------|------|------------|-------|
| Uygulama grubu       | 14   | 0.28125000 | 3.55* |
| Hata                 | 15   | 0.07916667 |       |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

Tespiti yapılan duyuusal analizler açısından, ürünlere uygulanan parametreler olan MTGaz, süre ve baskılama ağırlığının, koku değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) etkisi bulunmuştur. Farklı uygulama gruplarındaki levrek etlerinin koku değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin koku değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi          | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Koku Değerleri |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|----------------|
| <i>S<sub>1</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 5.750 ba       |
| <i>S<sub>2</sub></i>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 6.250 a        |
| <i>S<sub>3</sub></i>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 6.250 a        |
| <i>S<sub>4</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 6.375 a        |
| <i>S<sub>5</sub></i>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 5.375 b        |
| <i>S<sub>6</sub></i>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 5.375 b        |
| <i>S<sub>7</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.250 a        |
| <i>S<sub>8</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.250 a        |
| <i>S<sub>9</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.250 a        |
| <i>S<sub>10</sub></i> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 6.000 ba       |
| <i>S<sub>11</sub></i> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 6.375 ba       |
| <i>S<sub>12</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 5.375 b        |
| <i>S<sub>13</sub></i> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 5.750 ba       |
| <i>S<sub>14</sub></i> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 6.125 a        |
| <i>S<sub>15</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 6.250 a        |

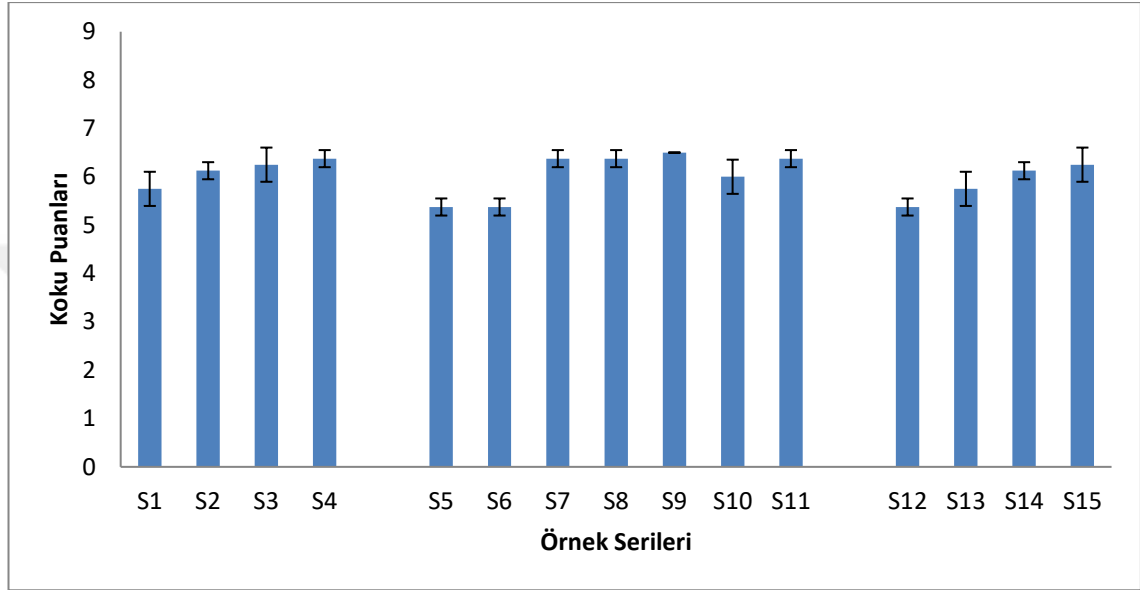
Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Yeniden yapılandırma sürelerine göre kıyaslandığında 4 saat yapılandırılan örneklerden, baskılama ağırlığı ve MTGaz içermeyen (*S<sub>1</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.75±0.35) örneği en düşük koku sonuçlarına sahip olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca MTGaz ve baskılama ağırlığı parametrelerini birlikte içeren örneklerde (*S<sub>3</sub>*: 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 6.25±0.35 ve *S<sub>4</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 6.37±0.17) beğeni bakımından daha verimli sonuçlar tespit edilmiştir.

Yeniden yapılandırma süresi 14 saat olan örneklerde ise, yalnızca baskılama ağırlığı içerip, MTGaz içermeyen (*S<sub>5</sub>*: 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 ve *S<sub>6</sub>*: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0) örnekler 5.37±0.17 değeri ile koku açısından beğenilmemiştir. Buna ek olarak MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarını birlikte içeren örneklerin (*S<sub>7</sub>* = *S<sub>8</sub>* = *S<sub>9</sub>*: 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için sırayla 6.37±0.17, 6.37±0.17 ve 6.50±0.00, *S<sub>11</sub>*: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 6.37±0.17) duyuusal açıdan daha çok tercih edildiği gözlemlenmiştir.

MTGaz içermeyen ancak baskılama ağırlığına sahip olan 24 saat süresince yapılandırılmış örnekler beğenilmemiştir (*S<sub>12</sub>*: 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.37±0.17). Buna karşın, MTGaz içeren ancak baskılama ağırlığı içermeyen (*S<sub>13</sub>*: 24S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 5.75±0.35) örnek ise ikinci sırada beğeni sonuçlarına sahip olarak

belirlenmiştir. En çok tercih edilen örnek ise MTGaz ve baskılama ağırlığı parametrelerini bir arada barındıran ( $S_{14}$ : 24S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $6.12 \pm 0.17$  ve  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $6.25 \pm 0.35$ ) olarak tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen duyusal analizlere göre, 4, 14 ve 24 saatlik yeniden yapılandırma süresi uygulanan örnekler arasında en beğenilen örnekler MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örnekler olarak belirlenmiştir. Özellikle 14. saate ait örnekler, görünüş değerlendirmesine ilave olarak, koku parametresi açısından da en beğenilen örnekler olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.20).



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.21.** Yanıt Yüzey Metodu'na göre üretilen örneklerin koku değerleri

Bir araştırmada, istavrit balığı (*Trachurus mediterraneus*) etlerinin düşük tuz içeriği (0 g/kg, 10 g/kg=%1 ve 20 g/kg=%2) ve MTGaz (0 g/kg, 5g/kg=%0.5 ve 10 g/kg=%1) ilavesiyle yeniden yapılandırılması amaçlanmıştır. Polietilen/poliamid poşetlere konulan örnekler iç sıcaklıkları 72-75°C düzeyine ulaşınca kadar ısıtılma işlemine tabii tutulmuştur. Sonuçlara göre, koku değerleri bakımından %0 NaCl+%0 MTGaz içeren kontrol örneklerinin  $7.58 \pm 0.93$ , %1 NaCl+%0.5 MTGaz içeren örnekte  $7.63 \pm 1.13$ , %1 NaCl+%1 MTGaz içeren örnekte  $7.75 \pm 0.99$  değerleri vurgulanmıştır. Ayrıca %2 NaCl+%0.5 MTGaz içeren ürünlerde  $7.75 \pm 1.15$ , %2 NaCl+%1 MTGaz içeren üründe ise  $7.79 \pm 1.18$  verileri belirtilmiştir (Tzikas vd. 2015). Araştırmamızda MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örneklerde beğeni değerleri ortalamasının üstünde tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda MTGaz haricindeki katkı maddelerine ihtiyaç duyulmadan baskılama ağırlığı sayesinde çok daha düşük katkı maddesi seviyesiyle daha stabil forma sahip ürünler elde edilmiştir.

Literatür çalışmasına benzer şekilde araştırmamızda da koku değerlendirilmesinde MTGaz ilave edilen örneklerin puanlarının daha yüksek olduğu ve panelistler tarafından MTGaz içeren örneklerde balıksı koku dışında yabancı bir katkı maddesi kokusu tanımlanmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

#### 4.1.8.3. Lezzet bulguları

Duyusal analizler parametrelerinden olan lezzet değerlendirmesi için MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresine tabii tutularak elde edilen örneklere ait lezzet bulguları incelenmiş ve istatistiksel olarak Çizelge 4.26’da aktarılmıştır.

**Çizelge 4.26** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin lezzet değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F      |
|----------------------|------|------------|--------|
| Uygulama grubu       | 14   | 0.46517857 | 5.45** |
| Hata                 | 15   | 0.08541667 |        |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

MTGaz kullanımı, yeniden yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının lezzet değerleri üzerine etkisinin önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. Levrek etlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne ait sonuçları ise Çizelge 4.27’de verilmiştir.

**Çizelge 4.27.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin lezzet değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Lezzet Değerleri |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 5.250 c          |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 6.250 ba         |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 6.375 ba         |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 6.500 a          |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 5.250 c          |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 5.375 c          |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.250 ba         |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.250 ba         |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 6.250 ba         |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 6.125 ba         |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 6.250 ba         |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 5.125 c          |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 5.750 bc         |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 6.250 ba         |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 6.375 ba         |

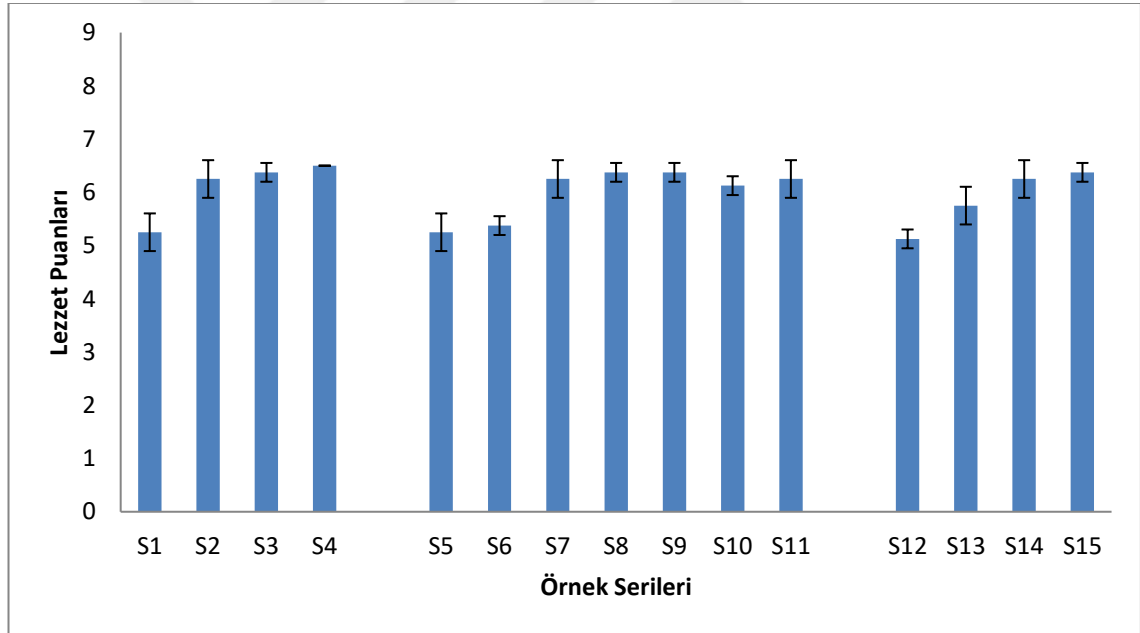
Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Örnek serileri yeniden yapılandırma sürelerine göre sıralandığında, 4, 14 ve 24.saat yeniden yapılandırılmış örnekler arasında, baskılama ağırlığı ve MTGaz içermeyen ( $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.25 \pm 0.35$ ,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.25 \pm 0.35$ ,  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.37 \pm 0.17$ ,  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.12 \pm 0.17$ ) örnek serileri lezzet açısından en az puan ortalamalarına sahip olarak gözlemlenmiştir.

Buna karşılık MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örneklerde ( $S_3$ : 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $6.37 \pm 0.17$ ,  $S_7 = S_8 = S_9$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için sırasıyla  $6.25 \pm 0.35$ ,  $6.25 \pm 0.35$  ve  $6.25 \pm 0.35$  ayrıca  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $6.25 \pm 0.35$ ,  $S_{14}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $6.25 \pm 0.35$ ,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $6.37 \pm 0.17$ ) daha yüksek puanlar ile duyuusal lezzet verileri elde edilmiştir.

Panelistler tarafından gerçekleştirilen duyuusal analizler sonucunda 4, 14 ve 24 saatlik yeniden yapılandırma süresine sahip örnekler arasında, beğeni puanları en yüksek olan örnekler MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örnekler olarak belirlenmiştir.

Özellikle yeniden yapılandırma süresi olarak 14. saate ait örnekler lezzet parametresi açısından da en beğenilen örnekler olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.21).



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.22.** Yanıt Yüzey Metodu ile üretilen örneklerin lezzet sonuçları

İstavrit balığına (*Trachurus mediterraneus*) düşük tuz ve MTGaz ilave edilerek yeniden yapılandırılmıştır. Merkez sıcaklıklarının 72-75°C'ye ulaşan ürünlerde lezzet değerleri açısından %0 NaCl+%0 MTGaz içeren kontrol örneklerinin 7.25±0.99, %1 NaCl+%0.5 MTGaz içeren örnekte 7.67±0.96, %1 NaCl+%1 MTGaz içeren örnekte 7.67±0.96 değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca %2 NaCl+%0.5 MTGaz içeren ürünlerde 8.00±0.98, %2 NaCl+%1 MTGaz içeren üründeysen 7.83±1.05 verileri belirtilmiştir (Tzikas vd. 2015).

Caiman timsahının (*Caiman crocodilus yacare*) yeniden yapılandırılmasını amaçlayan bir çalışma doğrultusunda; araştırmacılar MTGaz içeren örnekler ve kontrol örnekleri üretilerek duyuusal ve fizikokimyasal özelliklerini analiz etmişlerdir. Tanımlayıcı duyuusal analiz neticesinde lezzet verileri bakımından, kontrol örnekleri, MTGaz içeren örnekler göre düşük beğeni puanlarına sahip olarak aktarılmıştır (Canto vd. 2014).

Araştırmamızda lezzet sonuçları doğrultusunda MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örnekler daha yüksek beğeni puanlarına sahip olarak gözlemlenmiştir

Sadece balık eti-MTGaz kombinasyonu ile üretilen yeniden yapılandırılmış levrek eti ürünlerinde, panelistler tarafından katkı maddesi içeriği bakımından herhangi bir bulguya rastlanılmamıştır. Doğal bir ürün üretilmesi hedeflenen çalışmada tek kullanılan katkı maddesi MTGaz olup, bu enzimin kendine has bir kokusu ya da lezzeti olmaması nedeniyle üründe duyuusal bir olumsuzluk yaşanmamıştır.

#### 4.1.8.4. Tekstür değerlendirme bulguları

Duyuusal analizlerin gerçekleştirilmesi amacıyla MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve süre uygulamasıyla balık etlerinin yeniden yapılandırılması ardından ortaya çıkan ürünlerde görünüş, koku, lezzet parametrelerine ilave olarak tekstür değerlendirmesi de yapılmıştır. Tekstür değerlendirmelerine ait analiz bulguları istatistiksel açıdan incelenmiş ve sonuçları Çizelge 4.28'de belirtilmiştir.

**Çizelge 4.28.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin duyuusal değerlendirme açısından sahip oldukları tekstürel değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Uygulama grubu       | 14   | 4.02767857 | 58.58** |
| Hata                 | 15   | 0.06875000 |         |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Eğitimli panelistlerce tekstür açısından değerlendirilen yeniden yapılandırılmış örneklerin, MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı parametrelerinin istatistiksel açıdan öneminin olduğu (p<0.01) gözlemlenmiştir. Üretilen serilerdeki levrek etlerinin tekstür değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile incelenmiş ve sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir.

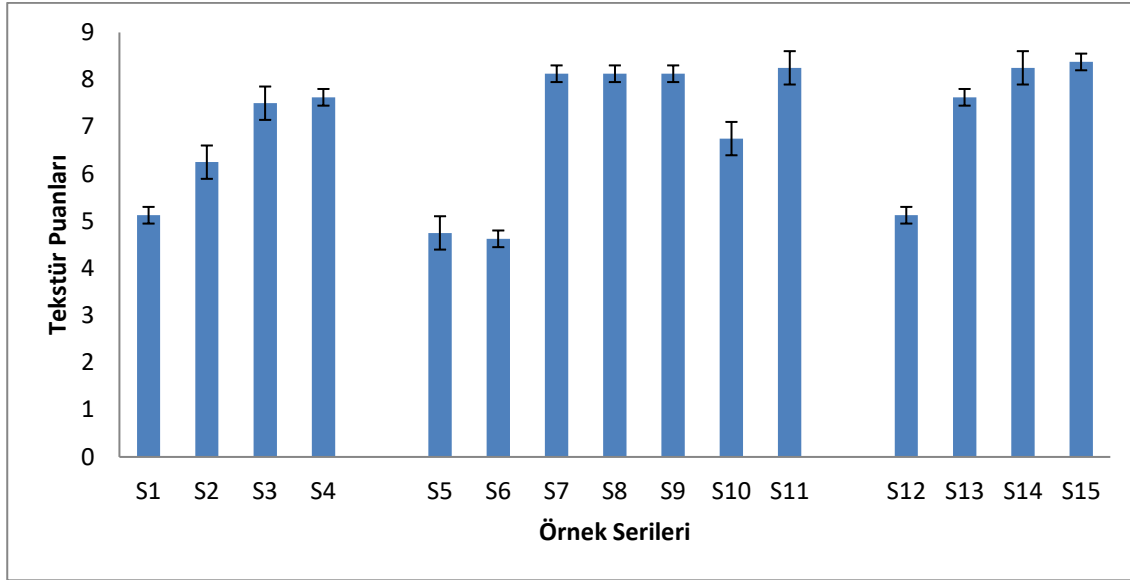
**Çizelge 4.29.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin tekstür değerlendirmelerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi          | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Tekstürel Değerlendirme |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| <i>S<sub>1</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 5.125 e                 |
| <i>S<sub>2</sub></i>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 6.250 d                 |
| <i>S<sub>3</sub></i>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 7.500 c                 |
| <i>S<sub>4</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 7.625 bc                |
| <i>S<sub>5</sub></i>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 4.750 e                 |
| <i>S<sub>6</sub></i>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 4.625 e                 |
| <i>S<sub>7</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 8.125 ba                |
| <i>S<sub>8</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 8.125 ba                |
| <i>S<sub>9</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 8.125 ba                |
| <i>S<sub>10</sub></i> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 6.750 d                 |
| <i>S<sub>11</sub></i> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 8.250 ba                |
| <i>S<sub>12</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 5.125 e                 |
| <i>S<sub>13</sub></i> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 7.625 bc                |
| <i>S<sub>14</sub></i> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 8.250 ba                |
| <i>S<sub>15</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 8.375 a                 |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Tekstür değerlendirmeleri yeniden yapılandırma sürelerinden (4, 14, 24 saat) bağımsız olarak değerlendirildiğinde özellikle baskılama ağırlığı ve MTGaz gibi parametreleri içermeyen örnekler (*S<sub>1</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.12±0.17, *S<sub>5</sub>*: 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 4.75±0.35, *S<sub>6</sub>*: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 4.62±0.17, *S<sub>12</sub>*: 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.12±0.17) en düşük tekstür puan ortalamalarına sahip olarak belirlenmiştir.

MTGaz ve baskılama ağırlığı parametrelerini bir arada içeren örnekler değerlendirildiğinde ise (*S<sub>7</sub>* = *S<sub>8</sub>* = *S<sub>9</sub>*: 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 8.125±0.17 ayrıca *S<sub>11</sub>*: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 8.25±0.35, *S<sub>14</sub>*: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 8.25±0.35, *S<sub>15</sub>*: 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 8.37±0.17) tekstür değerlendirmesi açısından daha yüksek sonuçlar tespit edilmiştir. Su ürünleri tüketimi alışkanlığı bulunan panelistler tarafından gerçekleştirilen duyu analizi neticesinde beğeni puanları en yüksek olan örnekler MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren seriler olarak tespit edilmiştir. Tekstür açısından, özellikle yeniden yapılandırma süresi 14.saaate ait örneklerde beğeni sonuçları en yüksek değerlerde tespit edilmiştir (Şekil 4.22).



S<sub>1</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>2</sub>: 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>3</sub>: 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>4</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>5</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>6</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>7</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>8</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>9</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>10</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>11</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>12</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>13</sub>: 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>14</sub>: 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>15</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.23.** Yanıt Yüzey Metodu ile üretilen örneklerin tekstürel değerlendirme sonuçları

Bir çalışmada *Micropogonias furnieri* türü balığın, duyu analizleri açısından tekstürel özellikleri panelistlere sunulmuş ve tekstür sonuçları ortalama olarak  $5.78 \pm 0.69$  tespit edilmiştir. Ayrıca %1.5'luk MTGaz içeren örneklerin tekstür açısından en etkili sonucu verdiğini ve bu örneği takiben beğeni puanlarının sırasıyla %1 MTGaz, %0.5 MTGaz ve %0 MTGaz (kontrol) örneklerine ait olduğu vurgulanmıştır (Gonçalves vd.2010). Araştırmamızda MTGaz oranları %0.16 ve %0.32 ile sınırlı kalmıştır. Bu durumun ortaya çıkmasında baskılama ağırlığının etkisi gözlemlenmiştir. Diğer çalışmalara kıyasla daha düşük MTGaz oranı ve baskılama ağırlığı içeren örnekler panelistlerce ortalamanın üzerinde beğeni puanlarına sahip olarak gözlemlenmiştir.

Bir araştırmada caiman timsahı (*Caiman crocodilus yacare*) etinin yeniden yapılandırılması ardından tanımlayıcı duyu analizi açısından değerlendirilmiştir. Tuzlara alternatif olarak çeşitli kombinasyon oranları ile farklı serileri üretilerek duyu analizi ve fizikokimyasal özellikleri açısından analizler gerçekleştirilmiştir. Tanımlayıcı duyu analizi sonrasında tekstür değerleri bakımından, kontrol örnekleri için düşük beğeni puanları vurgulanmasına karşın, MTGaz içeren örnekler için yüksek beğeni puanları ifade edilmiştir (Canto vd. 2014). Araştırmamızda MTGaz dışında katkı maddeleri kullanılmamış olup yalnızca baskılama ağırlığı sayesinde ürüne form kazandırılmıştır. Bu sayede MTGaz kullanım miktarı da azaltılarak daha düşük maliyetli stabil formda ürünler elde edilmiştir.

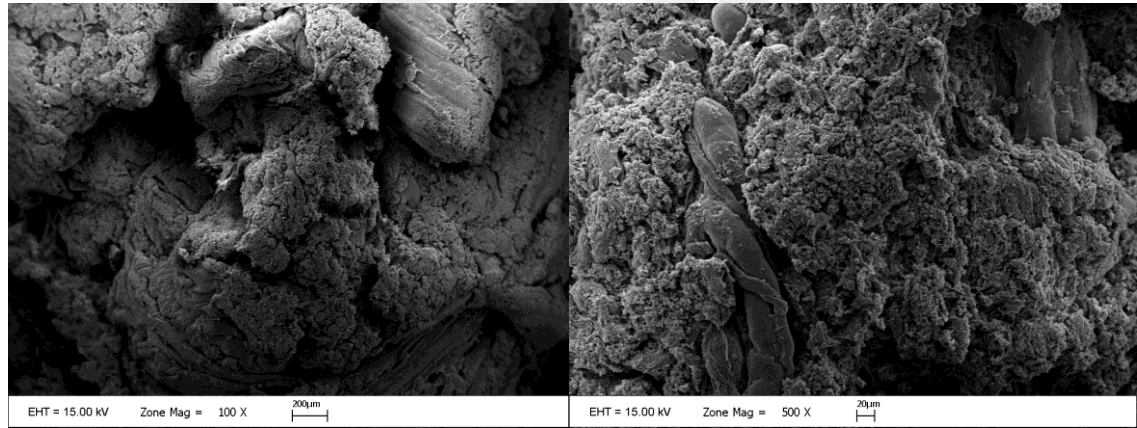
Tekstür değerlendirmesinin verimli yapılabilmesi amacıyla, aynı forma sahip örneklerin literatürde benzer analizlerle gözlemlenmiş olması gerekmektedir. Ancak araştırmamızdaki benzer formda bir ürüne rastlanılmamıştır. Çeşitli araştırmalarda

MTGaz'ın yeniden yapılandırma amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Buna ek olarak MTGaz'ın miktarının değişmesinin ürünlerin dokusunun farklılaştırdığı ve sertlik değerinin değiştiği diğer araştırmalarla da paralellik arz etmektedir.

#### 4.1.9. Taramalı Elektron Mikroskobu Bulguları

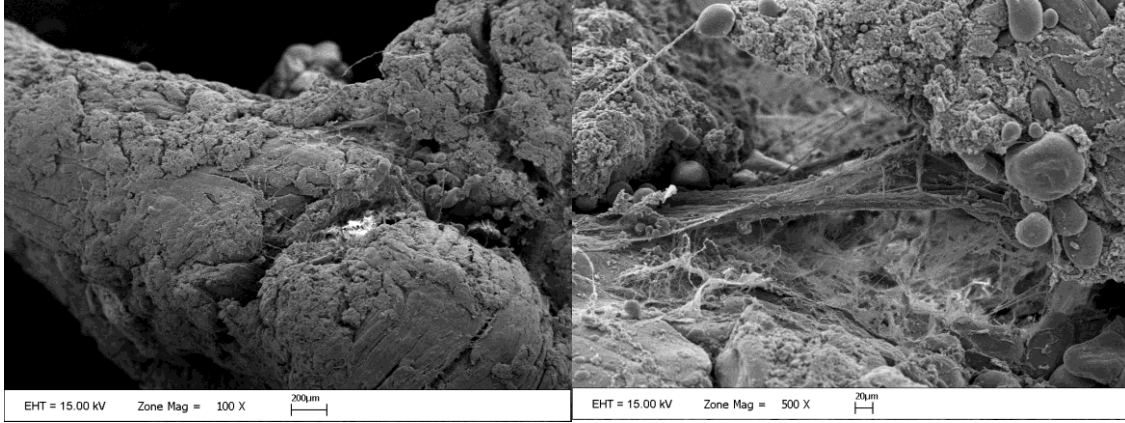
Taramalı elektron mikroskobu (SEM), bir numunenin yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu görüntülerini odaklanmış yüksek enerjili elektron demeti ile tarayarak elde etmek için kullanılan bir tekniktir. Çeşitli gıda ürünlerinde farklı yapıdaki dokuları incelemek amacıyla yaygın şekilde kullanılabilmektedir. Analiz öncesinde kapsamlı kimyasal ve fiziksel hazırlık yapılması gerekmektedir. Mikroskop haznesinden suyun buharlaşmasını engellemek için fiksasyon işlemi uygulanmaktadır (Irde vd. 2019, Iha ve Cruz 2019, Lui ve Lanier 2015). Yeniden yapılandırılmış balık ürünlerine ait SEM sonuçları aşağıdaki şekillerde aktarılmıştır.

İlgili kodlanmış  $S_1$  ürününde, 100x büyötmeye sahip olan fotoğrafta gözenekler mevcut olup, dokuda bütönlük ve homojenlik az miktarda gözlemlenmektedir. Bu durumun sebebi  $S_1$  örneğinde  $2.54 \text{ gf/cm}^2$  seviyesinde düşük baskı ağırlığı bulunmasına karşın ürünün MTGaz içermemesi olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak ürünün yalnızca 4 saatlik yapılandırma süresine maruz kalmış olması da etkili olmuştur (Şekil 4.24).



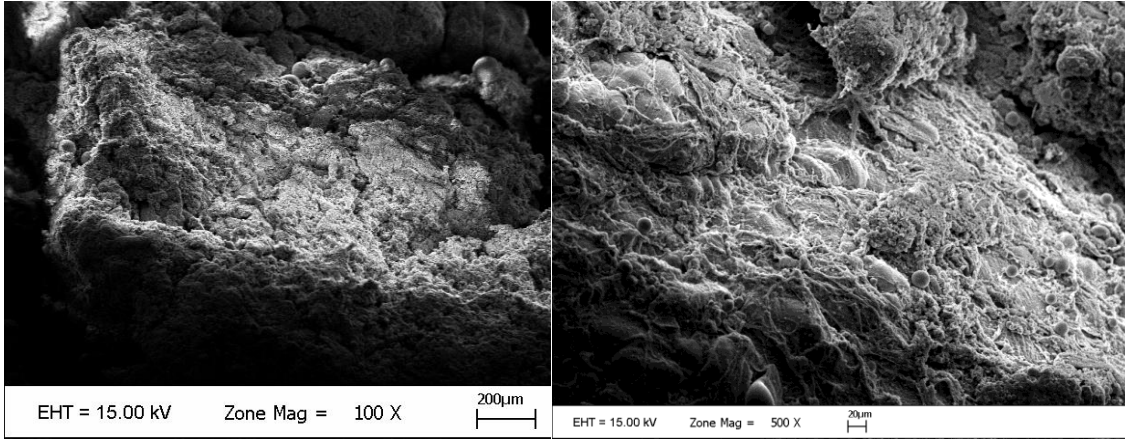
Şekil 4.24.  $S_1$  (4S-2.54  $\text{gf/cm}^2$ -%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

$S_2$  ürününe ait dokunun SEM ile fotoğraflanması sonucunda, 100x büyötmeye ve 500x büyötmeye dokular arasındaki bağlantılar gözlemlenebilmektedir. Örneğe ait dokunun homojenliği ve sıklığı göz önüne alındığında, ürün dokusunda yer alan ağısı yapı, 4 saatlik yapılandırma süresi sonrasında protein polimerizasyonunu teşvik eden %0.16'lık MTGaz varlığından kaynaklandığı çeşitli araştırmalarda da vurgulanmaktadır (Benjakul vd. 2008, Cardoso vd. 2011a, Chanarat ve Benjakul 2013, Hu vd. 2018). Bu ürün Şekil 4.24.'te bulunan ve MTGaz içermeyen  $S_1$  örneğiyle de kıyaslandığında bu fark görölmektedir. Bu örnekteki kısmi gözeneklerin sebebi ise, ürünün baskılama ağırlığı içermemesi olarak yorumlanabilmektedir.  $S_2$  örneği, eşit oranda MTGaz ile  $0 \text{ gf/cm}^2$  baskı ağırlık oranına sahip olup, 24 saatlik yapılandırma süresine maruz kalan örnek olan  $S_{13}$  ürünüyle de kıyaslandığında bu fark ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.25).



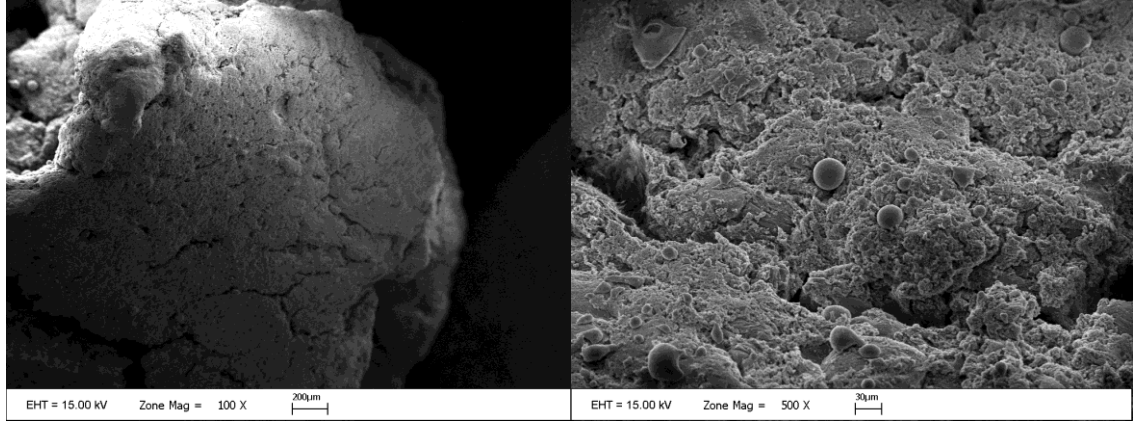
**Şekil 4.25.**  $S_2$  (4S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

Yapılan SEM doku incelemesi, ilgili  $S_3$  ürününde 4 saatlik yapılandırma süresine ek olarak, 5.09 gf/cm<sup>2</sup> baskı ağırlığı ve %0.16 MTGaz içeriği dokuda homojen bir yapı ortaya çıkartmıştır. Bu durum Şekil 4.25.'te bulunan ve baskı ağırlığı içermeyen, ancak aynı oranda MTGaz içeren  $S_2$  örneği ile de kıyaslandığında gözlemlenmiştir. Özellikle 500x büyütmede net olarak gözlemlenen doku içi bağlantıların MTGaz ile arttığı, MTGaz içermeyen ürünlere ait fotoğraflarla kıyaslandığında da tespit edilmiştir. Ancak baskı ağırlığı ve MTGaz oranlarına rağmen, 4 saatlik yapılandırma süresinin yetersiz olmasının sonucu olarak, (özellikle de 24 saatlik aynı MTGaz oranı ve baskı ağırlığı içeren  $S_{14}$  örneğiyle kıyaslandığında) dokular arasında bir miktar gözenek bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.26).



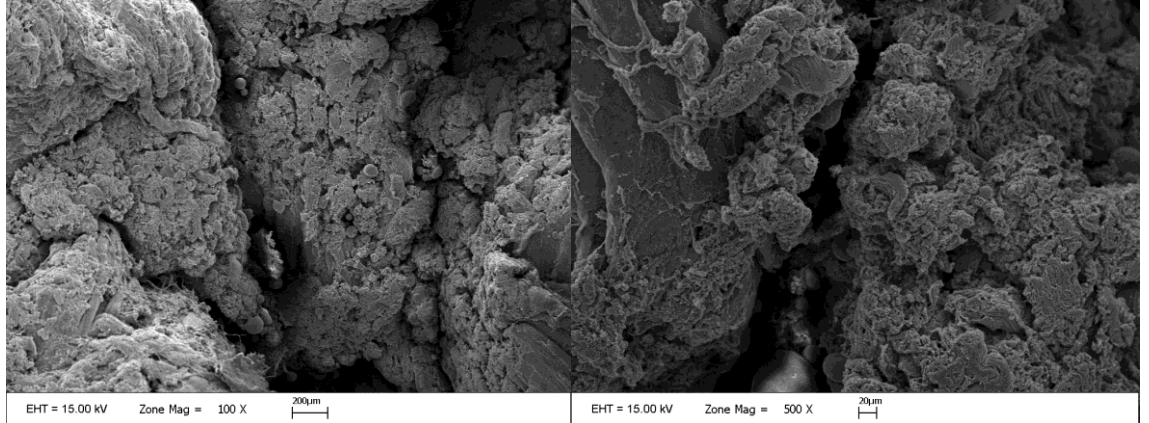
**Şekil 4.26.**  $S_3$  (4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

SEM doku fotoğraflamasına göre, ( $S_4$ ) üründe bulunan 2.54 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığının orta düzeyde (2.54 gf/cm<sup>2</sup>) olmasıyla birlikte ortaya çıkan ve 100x büyütmede görülebilen kısmi gözenekli yapı tespit edilmiştir. Buna karşın %0.32 MTGaz kullanılması dokuda sıkılık oluşmasına yardımcı olmuştur. Bu örnek 4 saatlik yapılandırma süresine sahip olup, aynı baskı ağırlığı ve MTGaz oranına rağmen 24 saatlik yapılandırma süresi içeren  $S_{15}$  örneği ile kıyaslandığında, yapılandırma süresinin de ürünün dokusuna olumlu etkisi gözlemlenebilmektedir (Şekil 4.27).



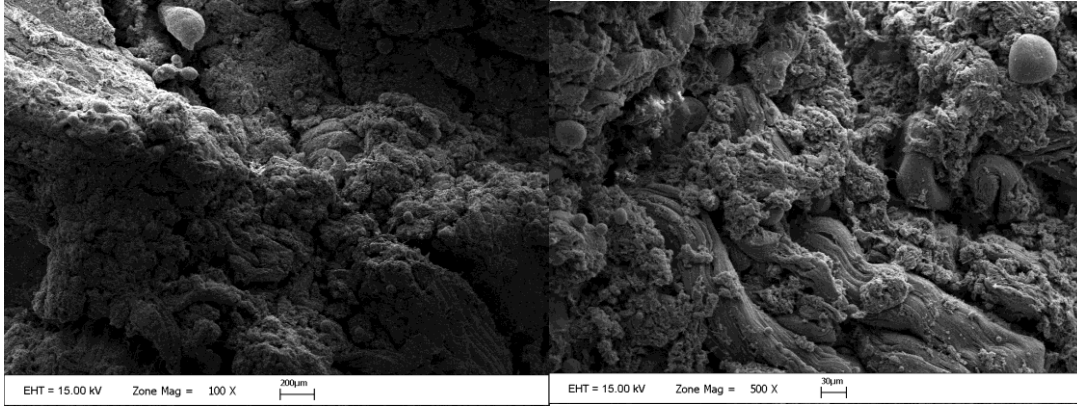
**Şekil 4.27.**  $S_4$  (4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

$S_5$  ürününe ait Şekil 4.28’de görülen 100x ve 500x büyötmeye sahip her iki fotoğrafta da gözenekler tespit edilmiştir. Bu durum üründe MTGaz ve baskı ağırlığının bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Dokular arası gözenekler bu etmenlerden dolayı fazladır ve doku homojen bir yapı göstermemektedir. Bu ürün duyusal analizler açısından panelistler tarafından da rağbet görmemiştir.



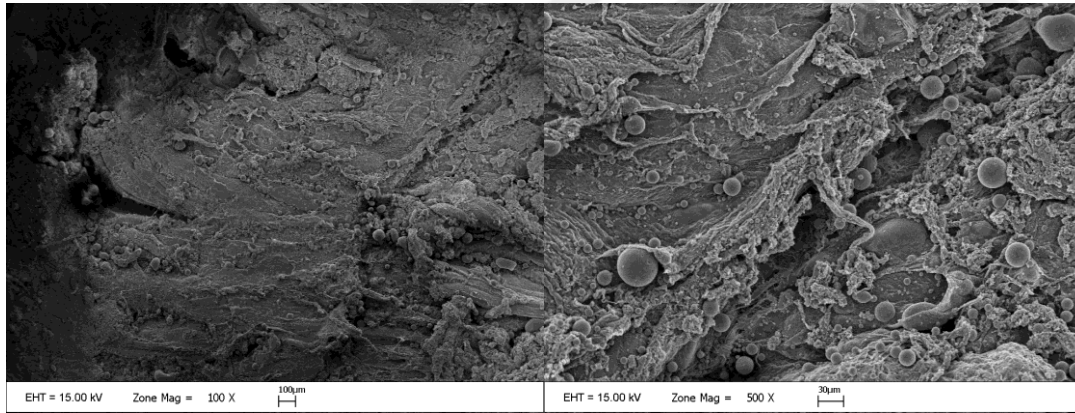
**Şekil 4.28.**  $S_5$  (14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

İlgili fotoğraflara ait  $S_6$  üründe SEM sonuçlarına göre, örnekte 5.09 gf/cm<sup>2</sup> baskı ağırlığı bulunması bir önceki şekilde bulunan ürün olan  $S_5$ ’e kıyasla dokunun bir miktar sıkı olmasını sağlamıştır. Ancak ürün içerisinde MTGaz bulunmaması nedeniyle dokuda homojenlik ve sıkılık bulunmamış, ürün dağınık bir yapıya sahip olarak gözlemlenmiştir. Bu ürüne duyusal analizlerde panelistler tarafından düşük beğeni puanları takdir edilmiştir (Şekil 4.29).



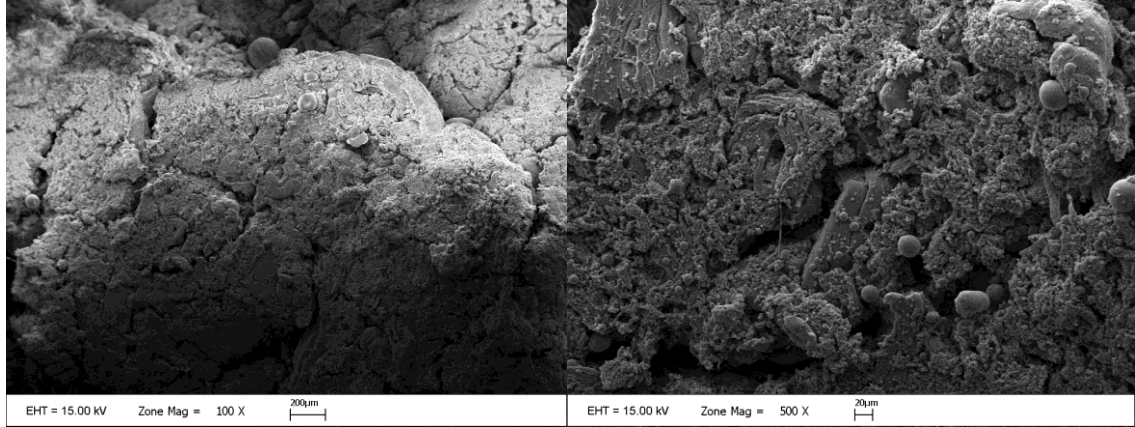
**Şekil 4.29.**  $S_6$  ( $14S-5.09 \text{ gf/cm}^2$ -%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

Yapılandırma süresi 14 saat, baskılama ağırlığı  $2.54 \text{ gf/cm}^2$  olan ve %0.16 MTGaz içeren örnekten yanıt yüzey metodu gereğince istatistiksel olarak 3 adet ( $S_7$ - $S_8$ - $S_9$ ) üretilmiştir. 14 saatlik yapılandırma süresine sahip olan örneklerin tümü kendi içlerinde kıyaslandıklarında,  $2.54 \text{ gf/cm}^2$  baskı ağırlığının ve %0.16 MTGaz kombinasyonunun örnekte homojen ve sıkı bir yapı meydana getirdiği, ağıs yapının arttığı belirlenmiştir. Ancak baskı ağırlığı ve az miktarda MTGaz bulunmasından dolayı kısmi gözenekler tespit edilmiştir. Ürünün 14 saatlik yapılandırma süresinin 4 saatlik yapılandırma süresine kıyasla daha homojen ve sıkı doku oluşturduğu duyuşsal analizlerde de ön plana çıkmıştır (Şekil 4.30).



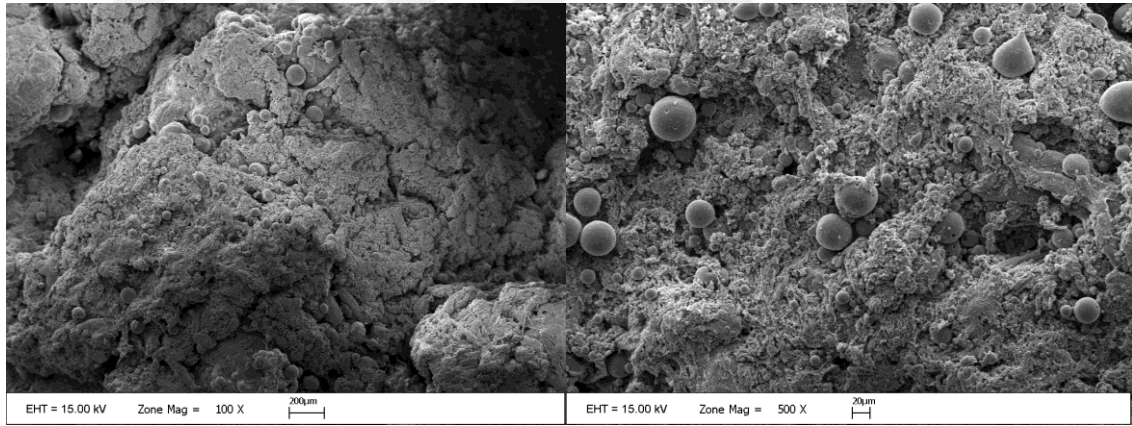
**Şekil 4.30.**  $S_7$ - $S_8$ - $S_9$  ( $14S-2.54 \text{ gf/cm}^2$ -%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

$S_{10}$  ürününe ait SEM fotoğrafları özellikle  $S_{11}$  örneği ile kıyaslandığında her iki örnekte de bulunan %0.32 MTGaz miktarı doku daha sıkı oluşturarak bütünlük sağladığı gözlemlenmiştir. Ancak her iki örnek arasındaki doku farklarının  $S_{10}$  ürününün baskı ağırlığının içermemesi olarak yorumlanmıştır (Şekil 4.31).



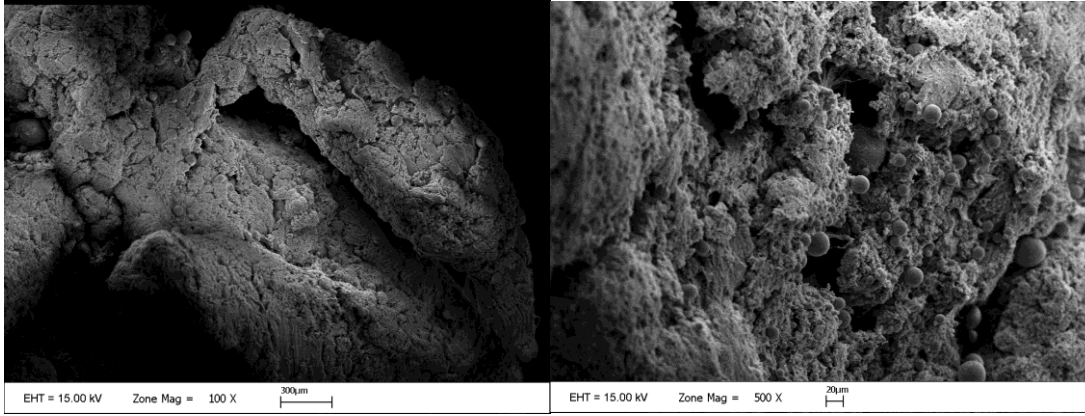
**Şekil 4.31.**  $S_{10}$  (14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

$S_{11}$  ürününe ait fotoğraflar incelendiğinde, 5.09 gf/cm<sup>2</sup> baskı ağırlığının bulunmasının dokuda daha sıkı bir form ortaya çıkarttığı belirlenmiştir. Ayrıca %0.32 MTGaz etkinliğiyle birlikte (baskılama ağırlığı içermeyen  $S_{10}$  örneğine kıyasla) daha sıkı ve homojen bir yapı tespit edilmiştir. Baskı ağırlığının ve MTGaz'ın etkisinin ise 14 saatlik yapılandırma süresiyle uyumlu olduğu, ürünler açısından bu sürenin önemli ve olumlu etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu örnekte emülsiyon tanecikleri de tespit edilmiştir. Bu örneğe ait duyuşal analizler başta olmak üzere bir çok analiz neticesinde verimli sonuçlar elde edilmiş olup, bu durum optimum örneğin tespit edilmesi açısından önem teşkil etmiştir (Şekil 4.32).



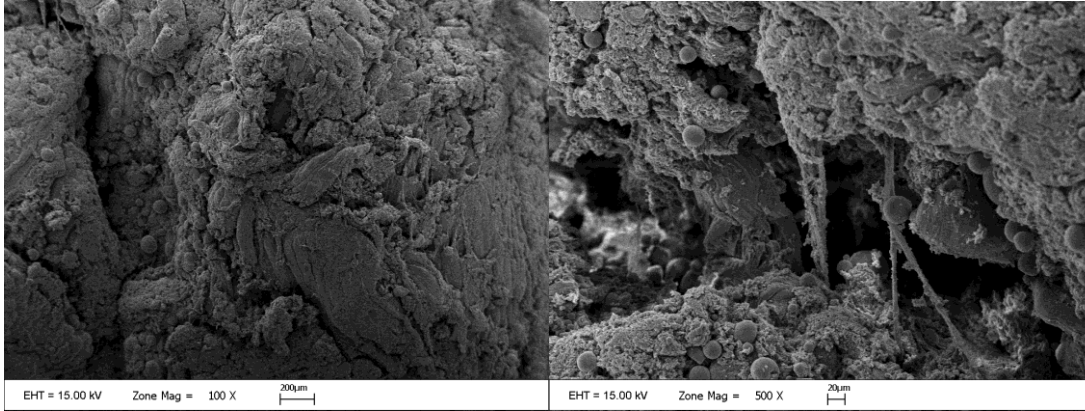
**Şekil 4.32.**  $S_{11}$  (14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

$S_{12}$  örneğinin SEM doku incelemesine göre, 100x büyütmede var olan gözeneklerin 500x büyütmede daha belirgin olduğu belirlenmiştir.  $S_{12}$  örneğinin yalnızca 2.54 gf/cm<sup>2</sup> baskı ağırlığı içermesi ve örnekte MTGaz oranının %0 olmasının etkili gözeneklere sebep olduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca bu örnek ( $S_{12}$  = 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 MTGaz) 24 saatlik yapılandırma süresine sahip olduğundan, aynı oranda baskı ağırlığı içeren ancak MTGaz içermeyen 4 saatlik örneğe ( $S_1$  = 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 MTGaz) kıyasla benzer özellikler tespit edilmiştir (Şekil 4.33).



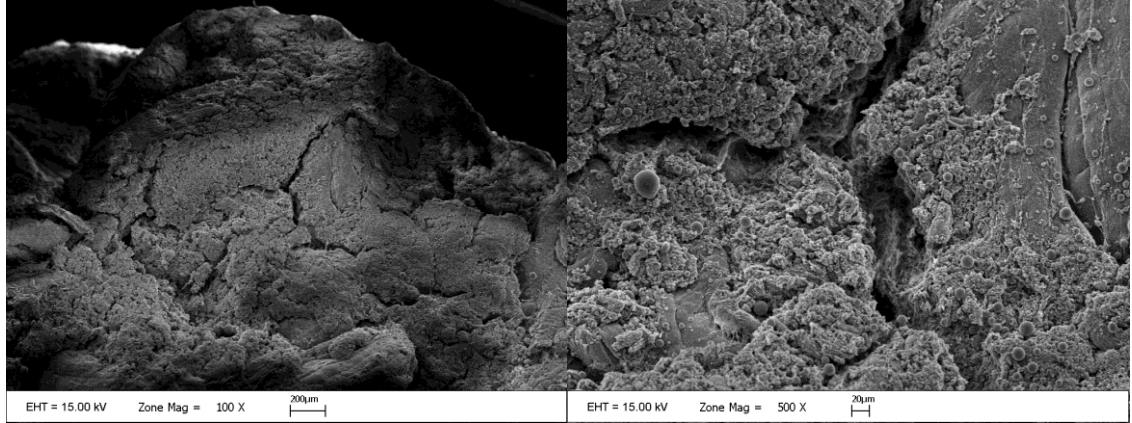
**Şekil 4.33.**  $S_{12}$  (24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

SEM doku incelemesi neticesinde ortaya çıkan fotoğraflara göre,  $S_{13}$  ürününde baskı ağırlığı bulunmamasına rağmen, %0.16 MTGaz içermesi doku bütünlüğünü korumasına destek olmuştur (100x büyütme). MTGaz etkinliği sayesinde doku arası bağlantılar (500x büyütme) net olarak gözlemlenebilmektedir.  $S_{13}$  ürünü 24 saatlik %0.16 MTGaz içeren 4 saatlik benzer örnekle ( $S_2$ = 4S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 MTGaz) kıyaslandığında ise  $S_{13}$ 'ün daha homojen görünüm oluşturduğu belirlenmiştir. Yapılandırma süresi, MTGaz ve baskılama ağırlığı ile paralel etki göstermektedir. Parametrelerin eksikliği ürünü etkilemiştir (Şekil 4.34).



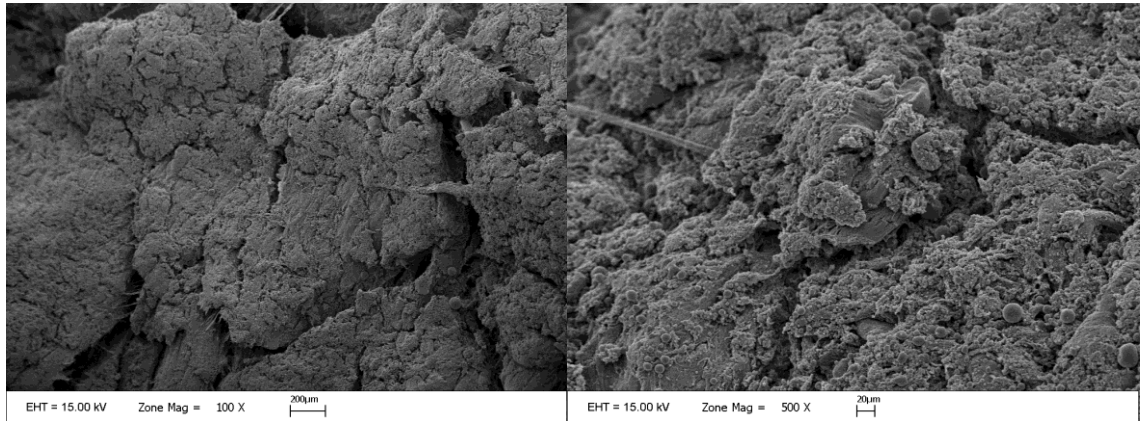
**Şekil 4.34.**  $S_{13}$  (24S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

$S_{14}$  ürününde bulunan 5.09 gf/cm<sup>2</sup> baskı ağırlığı ile birlikte %0.16 MTGaz 24 saatlik yapılandırma süresince homojen bir yapı oluşturmuş ve dokuda sıkılık meydana getirdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu ürün aynı seviyede MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren ve 4 saatlik yapılandırma süresine sahip olan ( $S_3$ = 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16) ve 24 saatlik yapılandırma süresine sahip ( $S_{13}$ = 24S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16) örnekleriyle de kıyaslanmıştır. 4 saate kıyasla 24 saatlik yapılandırma süresinin ve baskılama ağırlığının örnekte daha sıkı doku meydana getirdiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla MTGaz ve baskılama ağırlığı parametrelerinin yapılandırma süresi artışına paralel olarak etkinliğinin arttığı bu örnekte de gözlemlenmiştir (Şekil 4.35).



**Şekil 4.35.**  $S_{14}$  (24S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

Örneğine ait SEM doku incelemesi doğrultusunda, üç parametrenin etkisinin sonucu olarak doku sıklığı ve homojen yapı gözlemlenmiştir. Bu örnekle, 4 saatlik yapılandırma süresine sahip olan ( $S_4$  =4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz) ürünüyle kıyaslandığında, yapılandırma süresinin artışının ve baskılama ağırlığının dokuda homojenliğe olumlu etki ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.36).



**Şekil 4.36.**  $S_{15}$  (24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz) içerikli örneğin SEM fotoğrafları

Cardoso vd. (2011a) yılında yaptıkları araştırmada levrek etinin kıymasına 5g/kg oranında MTGaz ilave edilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu sonuçlarına göre, MTGaz içeren örneklerin kontrol örneklerine kıyasla homojen bir yapıya sahip olduğunu, ürünün mikro ve makro yapısal açıdan gözenekli görünümünün de azaldığını vurgulamışlardır. Bu durumu proteinlerin MTGaz ile polimerize olmasına bağlamışlardır. Aynı yıl yaptıkları bir başka araştırmada, levrek ve berlam balıklarında SEM analizi neticesinde %0.5 MTGaz ilave edilmiş örneklerin, kontrol örneklerine göre daha sıkı ağısı mikroyapıya sahip olduğunu vurgulamışlardır (Cardoso vd. 2011b).

Chanarat ve Benjakul (2013) araştırmalarında 0.4 unit/g MTGaz ilavesinin glutamin lizin çapraz bağlanmasını teşvik ederek, kontrol grubuna kıyasla SEM sonuçlarında daha sıkı, daha az gözenek içeren bir dokuya sahip yapı ortaya koyduğunu gözlemlemişlerdir. Hu vd. (2018) araştırmalarında, (*Trichiurus haumela*) kılıkuyruk balığı MTGaz 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.6 ve 0.8 unit/g MTGaz ilavesile yapılan deneme

analizlerinin ardından ürettikleri et ezmesi ürünleri için, en etkili sonuçların bulunduğu SEM incelemesine alınan 0.5 unit/g MTGaz ilaveli örneklerde kontrol örneklerine göre daha küçük gözeneklerin mevcut olduğunu ve yapının daha sıkı olduğunu vurgulamışlardır. Moreno vd. (2010b) araştırmalarında MTGaz'ı %1 ve %0.5 oranlarında uyguladıkları berlam balığı etinin (*Merluccius capensis*)'in SEM analizi sonucunda ortaya çıkan sonuçlarını incelemişler ve %0.8 aljinat içeren örneklerle kıyasla %1 MTGaz içeren örneklerin yapısının daha homojen ve sıkı olduğu vurgulanmıştır. Aynı araştırmacılar ürünleri 150 gün boyunca -15°C'de depolamışlar ve sonrasında yine SEM analizi gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara göre, ürünlerde büyük ve çok miktarda gözenek oluşurken, bu durumun dondurma ve çözündürme esnasında oluşabilen buz kristallerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Kaewudom vd. (2013) araştırmalarında, *Nemipterus bleekeri* türü balığın surimi jelini 1.2 U/g MTGaz ilavesi ile üreterek kalite parametrelerini incelemişlerdir. Yaptıkları SEM analizine göre surimi jel yapısının MTGaz ilavesi ile kontrole kıyasla daha iyi ve sıkı hale geldiğini gözlemlemişlerdir. Miyofibrilar proteinlerin MTGaz ilavesiyle birlikte çapraz bağlanmasının arttığını ve daha kompakt ve sıkı bir doku yapısı oluştuğunu vurgulamışlardır. Buna ek olarak yaptıkları tekstürel analizlerin de bu durumu desteklediği ve kırılma kuvveti, deformasyon gibi verilerin sonuçlarında da artış gözlemlendiğini ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada Asya'da tüketilen ve timsahbalığı (*Saurida undosquamis*) olarak bilinen bir balık türünden surimi eldesi için MTGaz (0.6 U/g) kullanılmış ve ürünler 25°C'de 2 saat veya 40°C'de 30 dakika ön işlemlerin ardından 90°C'de 20 dakika ısıtma işlemi ile olgunlaştırılarak araştırmacılar tarafından kalite takipleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin MTGaz ile birlikte kontrol örneklerine kıyasla kas liflerinin daha uzun ve daha iyi durumda olduğu, dokunun daha sıkı olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca MTGaz'ın dokunun ağsı yapısını intermoleküller  $\epsilon$ - ( $\gamma$ -glutamil) lizin çapraz bağlanması yoluyla geliştirdiğini ve bununla birlikte protein kümelenmesini oluşturduğunu belirtmişlerdir (Benjakul vd. 2008).

Yapılan bir araştırmada istavrit balığının (*Trachurus spp.*) kas dokusuna %2 MTGaz uygulamasıyla birlikte SEM analizi takibi gerçekleştirilmiş ve kontrol grubuna kıyasla dokunun daha sıkı bir yapıya kavuştuğu, bunun yanı sıra özellikle sarkoplazmik kas proteinlerinin yapısının daha büyük ve kompakt bir hal aldığı vurgulanmıştır (Gomez-guillen vd. 2005). Zhu vd. (2014) çalışmalarında Alaska mezgiti (*Theragra chalcogramma*) etine uygulanması ardından SEM analizi gerçekleştirilmiş ve MTGaz'ın dokuda daha yoğun ve homojen bir ağsı yapı ortaya çıkarttığını ve buna ek olarak gözenek miktarının ve büyüklüğünün azaldığını gözlemlemişlerdir. Hu vd. (2015) araştırmalarında 0.4 U/g MTGaz ilavesiyle birlikte kılkuş balığı (*Trichiurus haumela*) kasından elde edilen jellerdeki ortaya çıkan değişimleri gözlemlemişlerdir. SEM fotoğraflarının kıyaslanması doğrultusunda, MTGaz ilavesinin örneklerde por miktarının azalmasına yardımcı olduğu ve ağsı yapının gelişerek daha sıkı bir hal almasını sağladığı, bunun yanı sıra su tutma kapasitesi, kırılma kuvveti ve deformasyon gibi çeşitli analiz parametrelerinin de MTGaz'ın ilavesiyle etkili olduğu belirlenmiştir. Kudre ve Benjakul (2013) araştırmalarında bir sardalya balığı türü olan (*Sardinella albella*) için çeşitli oranlarda MTGaz (kontrol, 0.3 U/g, 0.6 U/g) ilave ederek elde ettikleri surimilerin SEM analizini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara göre MTGaz oranının artmasıyla birlikte, yapının daha sıkı ve homojen olduğunu, kontrol grubunda ise gözenek miktarının daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Gerçekleştirilen çalışmadaki bulgular ve diğer araştırmacıların belirttiği sonuçlar MTGaz uygulamasının yapının sıkılaştırılmasında etkili olduğunu ve bunun SEM görüntülerine yansıdığını göstermektedir. MTGaz aktivitesi ile protein polimerizasyonu tetiklenmekte ve molekülün hidrofobik özelliği etkilenmektedir. Proteinlerin lizin molekülü kalıntıların,  $\epsilon$ -amino grupları açıl akseptör özelliği gösterdiği durumda, intra ve intermoleküler  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamil)-lizin (G-L) çapraz bağları ortaya çıkmakta ve bu durum protein yüzeyinin hidrofobikliğini, çözünürlüğünü ve diğer fonksiyonel özelliklerini (jelleşme, emülsifikasyon, köpürme formasyonu ve viskozite vb.) değiştirebilmektedir (Yokoyama ve Kikuchi 2004; Anuradha ve Prakash 2009; Gaspar vd. 2015; Jin vd. 2018; Liu vd. 2019; Zang vd. 2019). Araştırmamızda elde edilen sonuçlara göre, bu reaksiyonların MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde daha yüksek seviyede olduğu dokunun daha sıkı bir hale gelmesi ile anlaşılmakta olup, buna karşın MTGaz içermeyen örneklerde ise gözenek miktarlarının fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum TPA analizlerinde elde edilen veriler ile birbirini desteklemektedir. MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde TPA sertlik değerinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca duyu analizler neticesinde de belirtilen örnekler için doku bütünlüğü ve görünüşü açısından panelistler tarafından daha yüksek beğeni puanları elde edilmiştir.

#### 4.1.10. Tahmini ve Deneysel Sonuçların Kıyaslanması

Araştırma doğrultusunda 3 değişken olarak belirlenen yeniden yapılandırma süresi, baskılama ağırlığı ve enzim miktarı parametrelerini içeren örneklerin deneysel sonuçları istatistik yazılımı tarafından verilen tahmini “minimum” %’lik çözünme kaybı değerleri ile kıyaslanmış ve bulunan değerlerin tahmini değerler ile istatistiksel bakımdan aralarında bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak toplam serbest amino asit değerleri için elde edilmesi planlanan “minimum” tahmini değerler ile, laboratuvar analizleri neticesinde elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca üretimi gerçekleştirilen 15 ürünün sonuçları doğrultusunda, tekstür profil analizi gerçekleştirilmesiyle ortaya çıkan sertlik sonuçları için “ $850 \pm 30$  g” ortalama aralığına dahil olan 6 örnek verisi ( $S_7$ ,  $S_8$ ,  $S_9$ ,  $S_{11}$ ,  $S_{14}$ ,  $S_{15}$ ) belirlenmiştir. Bu aralığın ortaya çıkmasında örneklerin duyu durumu da göz önüne alınmıştır. Sonuçlara göre istatistiksel olarak tahmini açıdan elde edilmesi gereken değer olan 879.995 g değeri ile deneysel olarak elde edilen veri olan 880.035 g arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir.

Elde edilen tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde  $S_{16}$ :  $17.5S-3.56$  gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneği için teorik ve pratik açıdan tespit edilen çözümler ve sonuçlarla paralellik göstermektedir. Bu bakımdan  $S_{16}$  örneğinin optimum örnek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Elde edilen bu örnek serisi tez çalışmasının ikinci aşamasında dondurularak depolanmış ve depolama süresince meydana gelen kalite değişimleri takip edilmiş ve “yeniden yapılandırılmış ürünlerin depolanması” başlığı altında aktarılmıştır.

**Çizelge 4.30.** Optimum örneğin belirlenmesi için ortaya çıkan deneysel ve tahmini değerler

| Optimum Şartlar            |                                          |                 | Çözünme Kaybı (%) |         |
|----------------------------|------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------|
| Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz oranı (%) | Deneysel          | Tahmini |
| 17.5                       | 3.56                                     | 0.32            | 0.231 a           | 0.238 a |

| Optimum Şartlar            |                                          |                 | Toplam Serbest Amino Asit (mg/100g) |          |
|----------------------------|------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------|
| Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz oranı (%) | Deneysel                            | Tahmini  |
| 17.5                       | 3.56                                     | 0.32            | 29.375 a                            | 29.415 a |

| Optimum Şartlar            |                                          |                 | Sertlik (g) |           |
|----------------------------|------------------------------------------|-----------------|-------------|-----------|
| Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz oranı (%) | Deneysel    | Tahmini   |
| 17.5                       | 3.56                                     | 0.32            | 880.035 a   | 879.995 a |

#### 4.1.11. Isıl işlem sonrası değişim bulguları

Su ürünlerinde, pişirme sonrası değişimlerin gözlemlenmesi önemlidir. Isıl işlem uygulaması proteinlerde denatürasyon ve koagülasyonu tetiklemektedir. Bu durumun sonucunda ise üründe ağırlık, tekstür, renk ve duyuşsal değişimler ortaya çıkmaktadır. Isıl işlem sonrası ortaya çıkan pişirme kayıpları genellikle su kaybı, çözünebilir proteinler ve dokulardaki yağlarla da ilişkilendirilebilmektedir. Uygulanan ısı işlem yöntemine göre balıklarda doku genellikle opak, tekstür ise daha sıkı hale gelebilmektedir (Otero vd. 2018).

Uygulanacak ısı işlem hammadde çeşidine göre değişiklik gösterebilmektedir. Ürünlerin yağda kızartılmasının lezzeti geliştirdiği, üründe tekstürün daha iyi hale geldiği ve özellikle ürünün içerdiği nem oranının dengelenmesine yardımcı olduğu, ayrıca bu yöntemin daha pratik olduğu vurgulanmıştır (Iwasaki vd. 2010). Balık panesi gibi yeniden yapılandırılmış ürünlerin ısı işlemlerinde yaygın şekilde kullanılan derin yağa daldırarak kızartma yöntemi, ürünün çıtırlık değerlerini arttırmakta, renk değişimini cazip hale getirmekte, ürüne bir miktar yağ girişiyle birlikte lezzeti de olumlu etkilemekte ve hızlı pişirme metodlarından birisi olarak uygulanmaktadır (Kang vd. 2015).

Gerçekleştirilen tez çalışmasında da tüketici tarafından beğenilen, hızlı, ürün lezzetini ve albenisini arttıran bir yöntem olan derin yağda kızartma işlemi yeniden yapılandırılmış balık etlerine uygulanmıştır. Ayçiçek yağının 180°C'ye ulaşmasının ardından ürünler kızgın yağın içerisine atılmış ve 150 saniye süre ile ısı işleme maruz bırakılmıştır.

##### 4.1.11.1. Tüm örneklerle ait ısı işlem sonrası ağırlık değişim bulguları

Levrek etleri MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi parametreleri doğrultusunda yenide yapılandırılmıştır. Ardından ısı işlem uygulanarak pişirilen ürünlerin ağırlıklarında meydana gelen değişim bulguları istatistiksel olarak incelenmiştir. Değerlendirme sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

**Çizelge 4.31.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin ısı işlem sonrası ağırlıklarındaki değişime ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 15   | 0.08364479 | 177.26** |
| Hata                 | 16   | 0.00047188 |          |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Üç farklı parametrenin ağırlık değişimi üzerinde istatistiksel olarak önemli (p<0.01) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Levrek etleri için uygulama gruplarındaki ısı işlem sonrası ağırlıkta meydana gelen değişimler Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve değerlendirme bulguları Çizelge 4.32'de verilmiştir.

**Çizelge 4.32.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin ısıtma işlem sonrası ağırlıklarında meydana gelen değişimlere ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

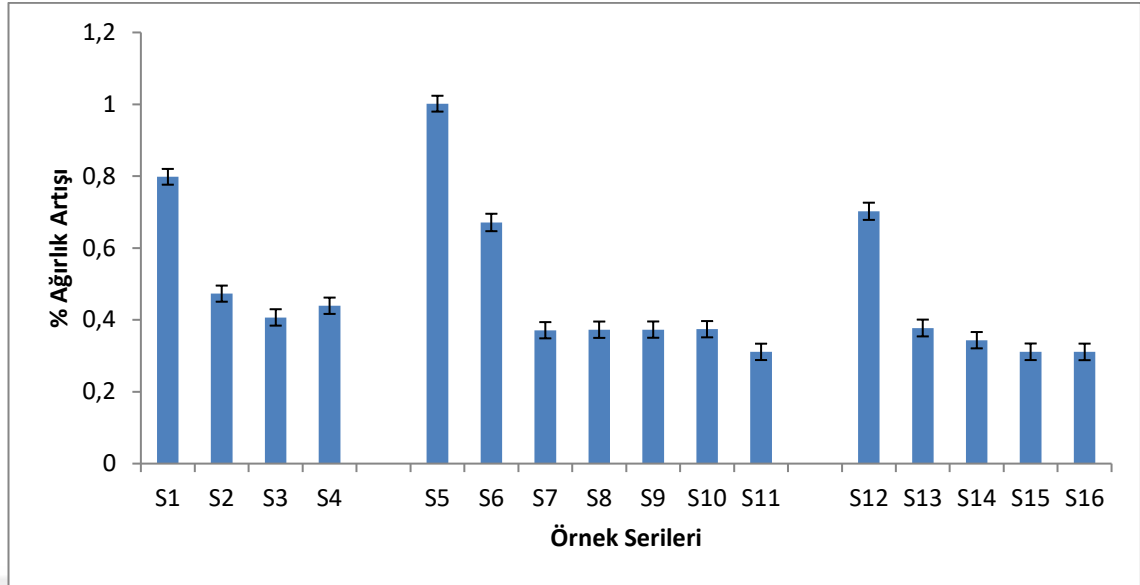
| Örnek Serisi          | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Isıl işlem sonrası ağırlık değişimi (%) |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|
| <i>S<sub>1</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 0.795 b                                 |
| <i>S<sub>2</sub></i>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 0.465 d                                 |
| <i>S<sub>3</sub></i>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 0.405 ef                                |
| <i>S<sub>4</sub></i>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 0.435 ed                                |
| <i>S<sub>5</sub></i>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 0.995 a                                 |
| <i>S<sub>6</sub></i>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 0.665 c                                 |
| <i>S<sub>7</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.365 gf                                |
| <i>S<sub>8</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.365 gf                                |
| <i>S<sub>9</sub></i>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 0.365 gf                                |
| <i>S<sub>10</sub></i> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 0.370 gf                                |
| <i>S<sub>11</sub></i> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 0.305 h                                 |
| <i>S<sub>12</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 0.695 c                                 |
| <i>S<sub>13</sub></i> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 0.375 gf                                |
| <i>S<sub>14</sub></i> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 0.335 gh                                |
| <i>S<sub>15</sub></i> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 0.305 h                                 |
| <i>S<sub>16</sub></i> | 17.5                       | 3.56                                     | 0.32              | 0.305 h                                 |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Ürünlerde ısıtma işlem sonrası meydana gelen değişimler incelenmiş ve ağırlık değişimleri kıyaslanmıştır.

Buna göre MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde *S<sub>3</sub>*: 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için %0.46±0.02, *S<sub>11</sub>*: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %0.31±0.02 ve *S<sub>15</sub>*: 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %0.31±0.02 ağırlık artışı sonuçları elde edilmiştir.

Isıl işlem sonrası ağırlıkta meydana gelen değişimler özellikle MTGaz içermeyen örneklerde yüksek belirlenmiştir: *S<sub>1</sub>*: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %0.79±0.02 artış, *S<sub>5</sub>*: 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %1.00±0.02 artış ve *S<sub>12</sub>*: 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %0.70±0.02 ağırlık artışı gözlemlenmiştir (Şekil 4.37).



S<sub>1</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>2</sub>: 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>3</sub>: 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>4</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>5</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>6</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>7</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>8</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>9</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>10</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>11</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>12</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>13</sub>: 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>14</sub>: 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>15</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.37.** Tüm örneklere ait ısıtma işlem sonrası ağırlık değişimi bulguları

Bazı çalışmalara göre, ısıtma işlem esnasında kolajenin çözünürlüğü dokular arasında yağın akışkanlığını artırmaktadır. Isıtma işlem ile yağ damlacıklarının genişlemesi ve dokular arasında gözenekler ve kanallar oluşturması söz konusu olabilmektedir. Bu açıdan yağ miktarı yüksek ve dokuları gözenekli ürünlerde ağırlık değişimi yüksek olarak gözlemlenmektedir (Sorapukdee vd. 2018).

Atlantic somon balığı (*Salmo salar*) filetolarına %1 MTGaz uygulamasının ardından -10°C'de 4 ay depolanması neticesi çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. 4.ay sonunda pişirme kaybı açısından ultrasonik uygulama ile birlikte MTGaz içeren örneklerde pişirme kaybı %8.73±0.39 olarak ifade edilmiştir (Rodriguez-Turienzo vd. 2013).

Moreno vd. (2013) araştırmalarında iki farklı seri hazırlamışlardır. Sodyum aljinat ile hazırlanan seri: %1.5 NaCl, %0.5 veya %0.2 Sodyum aljinat, %0.1 CaCl<sub>2</sub>, %0.8 Nişasta. Ayrıca MTGaz ile hazırlanan seride ise: %4 veya %1.5 NaCl, %1 ve %0.5 MTGaz, %0.8 Sodyum kazeinat, %0.8 Nişasta %5 Su gibi çeşitli katkı maddelerinin de eklenmesi ile yeniden yapılandırılmış berlam balığı etinin (*Merluccius capensis*) soğuk yapılandırma ve depolamaya (5°C) bırakılması neticesi kalite değişimlerini gözlemlemişlerdir. Araştırmada 90°C'de 10 dk ısıtma işlem sonrasında, pişirme kayıplarının parçalanmış etlerin sodyum aljinat veya MTGaz içermesi halinde su tutma oranlarının daha yüksek olduğu, kıyma haline gelmiş etlerde ise en düşük su tutma özelliğine MTGaz içerikli ürünlerin ulaştığını gözlemlemişlerdir.

Basaran vd. (2010) yaptıkları çalışmada %0.5 oranında MTGaz'ı tavuk eti, somon balığı (*Salmo salar*) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) etine uygulamışlardır. Isıl işlem uyguladıkları ürünlerin ağırlık kayıpları açısından ise, tavuk eti için kontrol grubunda 1.15 g, MTGaz uygulanmış grupta ise 1.17 g, somon balığı için kontrol grubunda 1.18 g, MTGaz içeren grupta 1.16 g, alabalık içinse kontrol grubunda 1.10 g ve MTGaz içeren grupta ise 1.18 g ağırlık kayıpları olduğunu tespit etmişlerdir.

Ürünlerin ısıtma işlemi tabii tutulduğu sıcaklık, süre ve ürünlerin formunun ısıtma işlem öncesi ve sonrası birçok parametreyi etkilediği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Çalışmamızda yuvarlak forma sahip olan ürünlere 180°C'de 150 saniye boyunca kızgın yağa daldırılarak ısıtma işlemi uygulanmıştır. Ürünler 150 saniye gibi kısa bir süre ısıtma işlemi maruz bırakılmıştır.

Sürenin kısa tutulmasına bağlı olarak ürünlerin ağırlıklarında meydana gelen değişimlerin düşük miktarda olması literatür sonuçları ile paralellik arz etmektedir. Literatürdeki araştırmalara benzer şekilde, katkı ilavesi olmayan ve doku stabilitesi bulunmayan örneklerde ağırlık değişimi daha fazla gerçekleşirken, MTGaz ve baskılama ağırlıklarının bir arada uygulandığı örneklerin yapılarının daha stabil olduğu ve ağırlık değişiminden daha az etkilendikleri tespit edilmiştir. Bu sonuçların gözenek ve boyuttaki değişimle de paralellik gösterdiği, doku bütünlüğünü koruyamayan örneklerde gözenek miktarındaki değişimin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

#### 4.1.11.2. Tüm örnekler için ısıtma işlem sonrası çap değişimi bulguları

Levrek etlerinin yapılandırılması neticesinde ısıtma işlem sonrası çap miktarlarındaki değişimlere ait bulgular istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir.

**Çizelge 4.33.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin ısıtma işlem sonrası çap değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 15   | 0.28665917 | 366.92** |
| Hata                 | 16   | 0.00078125 |          |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Elde edilen verilere göre ısıtma işlem uygulaması sonrasında çap değişimleri incelenen levrek etlerinde MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi uygulamalarının istatistiksel olarak önemli (p<0.01) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

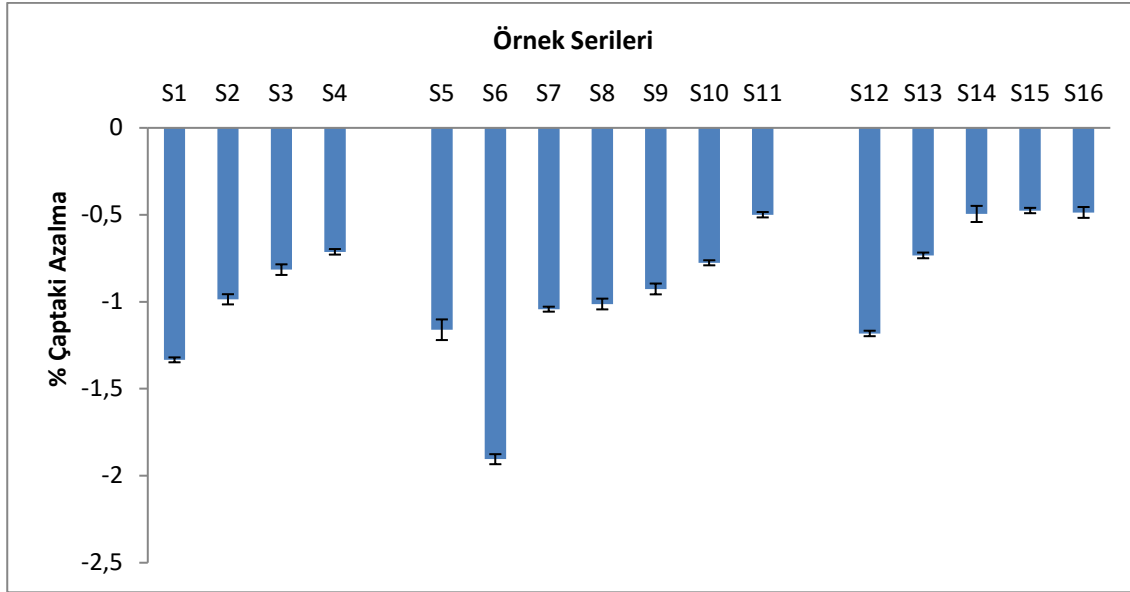
Çeşitli uygulama serilerindeki levrek etleri ısıtma işlem sonrası çap değişimlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir.

**Çizelge 4.34.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin ısıtma işlem sonrası çap değişimlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Isıl işlem sonrası çap değişimleri (%) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | -1.330 g                               |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | -0.980 e                               |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | -0.810 c                               |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | -0.710 b                               |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | -1.155 f                               |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | -1.900 h                               |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | -1.040 e                               |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | -1.010 e                               |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | -0.920 d                               |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | -0.770 cb                              |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | -0.495 a                               |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | -1.180 f                               |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | -0.730 b                               |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | -0.490 a                               |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | -0.470 a                               |
| S <sub>16</sub> | 17.5                       | 3.56                                     | 0.32              | -0.480 a                               |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Üretimi yapılan 15 örnek serisi arasında ısıtma işlem sonrası ürünlerin çapında meydana gelen değişimler kıyaslandığında ise, genel itibariyle MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerin çaplarında düşük miktarda küçülme gözlemlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığı içermeyen örneklerde çaptaki küçülmenin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu açıdan MTGaz ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarının ürünü daha stabil hale getirdiği ve doku bütünlüğünü sağladığı yorumlanabilmektedir. Ürünlerde ısıtma işlem sonrası meydana gelen değişimler incelenmiş ve çap değişimleri kıyaslanmıştır. Buna göre MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde S<sub>4</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için % -0.71±0.01, S<sub>11</sub>: 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için % -0.49±0.01, S<sub>15</sub>: 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için % -0.47±0.01 olarak belirlenmiştir. Optimum olarak belirlenerek depolamaya alınan S<sub>16</sub>: 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneği içinse 0.ayda % -0.48±0.03 çapta azalma gözlemlenmiştir. Isıtma işlem sonrası çapta meydana gelen değişimler açısından özellikle MTGaz içermeyen örneklerde ise S<sub>1</sub>: 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için % -1.33±0.01 azalma, S<sub>5</sub>: 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için % -1.16±0.05 azalma ve S<sub>12</sub>: 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için % -1.18±0.01 çapta azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.38).



S<sub>1</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>2</sub>: 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>3</sub>: 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>4</sub>: 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>5</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>6</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>7</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>8</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>9</sub>: 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>10</sub>: 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>11</sub>: 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32, S<sub>12</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0, S<sub>13</sub>: 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>14</sub>: 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16, S<sub>15</sub>: 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.38.** Tüm örneklerle ait ısıtıl işlem sonrası çap değişimi bulguları

Protein-protein polimerizasyonu MTGaz gibi çeşitli katkı maddeleri sayesinde sağlanabilmektedir. Bu sayede güçlü bir protein ağı oluşturulabilmekte ve bir araya gelmiş et parçalarında kırılma kuvvetini artırmak, böylelikle daha sıkı yapıya sahip ürünler ortaya çıkmaktadır. Isıl işlem MTGaz içeren yeniden yapılandırılmış et ürünlerinde, protein moleküllerinin denatürasyonuna sebebiyet vermekte ve reaktif grupların ortaya çıkmasını tetikleyerek, üründe yapışkanlık değerinin artmasını sağlamaktadır (Canto vd. 2014).

Bir araştırmada farklı sıcaklıklar vakumla kızartma ve yüksek sıcaklıklarda normal kızartma işlemlerinin çipura filetolarına uygulanmasıyla ortaya çıkan boyutta meydana gelen büzülme incelenmiştir. Vakum uygulaması yapılan örneklerde 100°C’de ısıtıl işleme tabii tutulanlarda %23.7 ve 110°C’de ısıtıl işlem uygulananlarda %33.0 büzülme görülürken, 165°C’de herhangi bir işlem uygulanmadan yağda kızartılan örneklerde bu değer %36.8 olarak vurgulanmıştır (Andres-Bello vd. 2010).

Literatür sonuçları değerlendirildiğinde farklı formdaki örneklerin, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtıl işleme tutulması çaplarındaki değişimi etkilemektedir. Yuvarlak forma sahip olan çalışmamızdaki ürünlere 180°C’de 150 saniye uygulanan kızgın yağa daldırma uygulaması, örneklerin çaplarında azalmaya sebebiyet vermiştir. Boyut ve gözenek analizleriyle kıyaslandığında doku stabilitesi olmayan MTGaz ve baskılama ağırlığı içermeyen ürünlerde çap değişiminin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.1.11.3. Tüm örneklerle ait ısıt işlemler sonrası kalınlık değişimi bulguları

Ürünler üzerine uygulanan baskılama ağırlığı, MTGaz ve yapılandırma süresi değişkenleri ile yeniden yapılandırılmış balık etlerinin ısıt işlemler sonrası kalınlıklarında meydana gelen değişimlere ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.35’te verilmiştir.

**Çizelge 4.35.** Yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin ısıt işlemler sonrası kalınlıklarında meydana gelen ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Uygulama grubu       | 15   | 28.7145567 | 938.77** |
| Hata                 | 16   | 0.0305875  |          |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

Elde edilen verilere göre, süre, baskılama ağırlığı ve MTGaz muamelelerinin ürünlerde ısıt işlemler sonrası kalınlıklarında meydana gelen değişim değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli (p<0.01) etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Örnek serilerindeki levrek etlerinin ısıt işlemler sonrası kalınlıklarında meydana gelen değişimlere ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir.

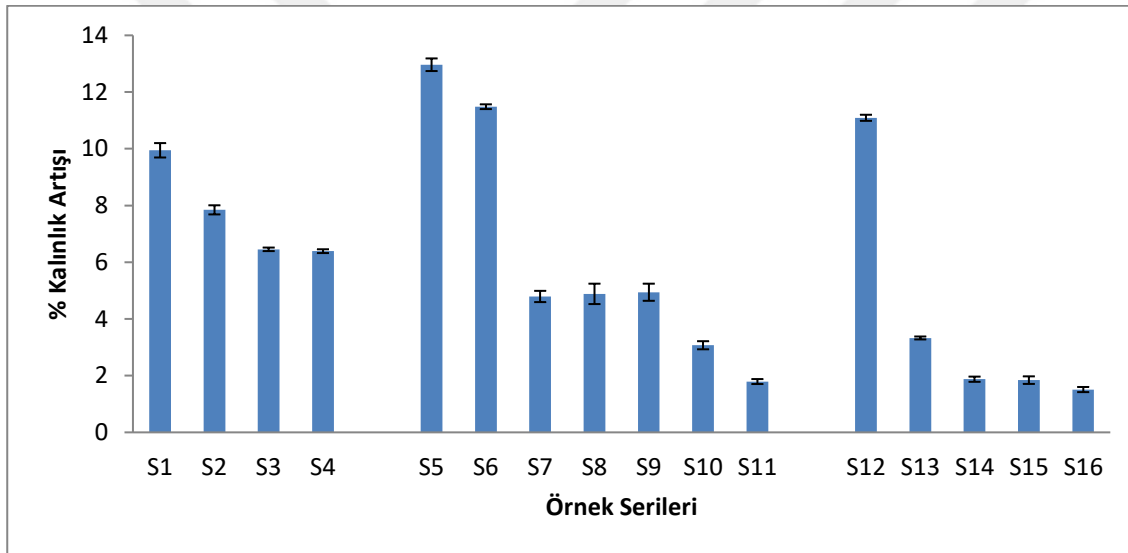
**Çizelge 4.36.** Yeniden yapılandırılmış levrek etinin ısıt işlemler sonrası kalınlıklarında meydana gelen değişime ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Örnek Serisi    | Yapılandırma Süresi (Saat) | Baskılama Ağırlığı (gf/cm <sup>2</sup> ) | MTGaz Miktarı (%) | Isıt işlemler sonrası kalınlık değişimi (%) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
| S <sub>1</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0                 | 9.940 d                                     |
| S <sub>2</sub>  | 4                          | 0                                        | 0.16              | 7.845 e                                     |
| S <sub>3</sub>  | 4                          | 5.09                                     | 0.16              | 6.450 f                                     |
| S <sub>4</sub>  | 4                          | 2.54                                     | 0.32              | 6.385 f                                     |
| S <sub>5</sub>  | 14                         | 0                                        | 0                 | 12.960 a                                    |
| S <sub>6</sub>  | 14                         | 5.09                                     | 0                 | 11.480 b                                    |
| S <sub>7</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 4.790 g                                     |
| S <sub>8</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 4.880 g                                     |
| S <sub>9</sub>  | 14                         | 2.54                                     | 0.16              | 4.935 g                                     |
| S <sub>10</sub> | 14                         | 0                                        | 0.32              | 3.070 h                                     |
| S <sub>11</sub> | 14                         | 5.09                                     | 0.32              | 1.790 ı                                     |
| S <sub>12</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0                 | 11.085 c                                    |
| S <sub>13</sub> | 24                         | 0                                        | 0.16              | 3.325 h                                     |
| S <sub>14</sub> | 24                         | 5.09                                     | 0.16              | 1.865 ı                                     |
| S <sub>15</sub> | 24                         | 2.54                                     | 0.32              | 1.835 ı                                     |
| S <sub>16</sub> | 17.5                       | 3.56                                     | 0.32              | 1.505 ı                                     |

Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Isıl işlem sonrası ürünlerin kalınlıklarında meydana gelen değişimler gözlemlendiğinde, MTGaz içermeyen örneklerin kalınlıklarında meydana gelen artış miktarı, MTGaz içerenlere oranla daha fazla olarak tespit edilmiştir. Isıl işleminin baskılama ağırlığı ve MTGaz kombinasyonlarını birlikte içeren örneklerde ürünün formunda ciddi bir değişim oluşturmadığı, ürünün doku bütünlüğünü koruduğu gözlemlenmektedir.

Ürünlerde ısıtıl işlem sonrası meydana gelen değişimler incelenmiş ve kalınlık değişimleri kıyaslanmıştır. Buna göre MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $\%1.79 \pm 0.08$ ,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $\%1.84 \pm 0.13$  seviyesinde tespit edilmiştir.  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneği için  $\%1.51 \pm 0.09$  kalınlıkta artış gözlemlenmiştir. Isıl işlem sonrası kalınlıkta meydana gelen değişimler açısından özellikle MTGaz içermeyen örneklerde ise  $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $\%9.94 \pm 0.25$  artış,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $\%12.96 \pm 0.22$  artış ve  $S_{12}$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $\%11.09 \pm 0.10$  kalınlıkta artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.39).



$S_1$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_2$ : 4 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_3$ : 4 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_4$ : 4 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_5$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_6$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_7$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_8$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_9$ : 14 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{10}$ : 14 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{11}$ : 14 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32,  $S_{12}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0,  $S_{13}$ : 24 saat-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{14}$ : 24 saat-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16,  $S_{15}$ : 24 saat-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32

**Şekil 4.39.** Tüm örneklerle ait ısıtıl işlem sonrası kalınlık değişimi bulguları

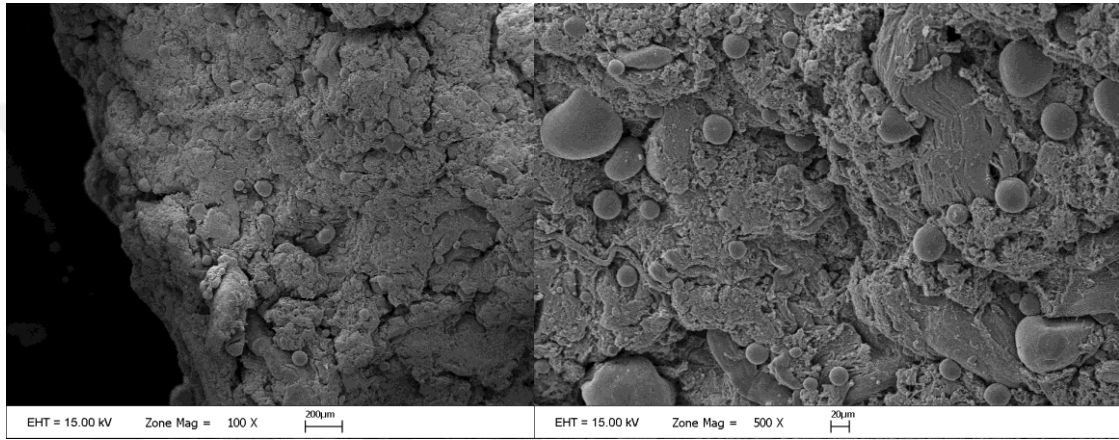
Bir çalışmada (Gonçalves vd. 2010), MTGaz'ın *Micropogonias furnieri* türü balığın kıymasına etkisi incelenmiş ve yapılan ısıtıl işlem uygulaması sonrasında MTGaz içermeyen ürünlerin dağıldığını, %0.5 MTGaz içerenlerin formunu bir miktar koruduğunu, %1 lik MTGaz içeren örneklerin dağılmadığını ve %1.5 MTGaz içeren örneklerin ise ısıtıl işlem sonrası en verimli sonuçları ortaya koyduğunu vurgulamışlardır.

Araştırmamızda 180°C'de 150 saniye kızgın yağa daldırılan örneklerin kalınlıklarında artış meydana gelmiştir, bu durum boyut ve gözenek verileriyle benzerlik göstermiştir.

## 4.2. Yeniden Yapılandırılmış Ürünün Depolanması

### 4.2.1. Depolama süresince ortaya çıkan taramalı elektron mikroskobu bulguları

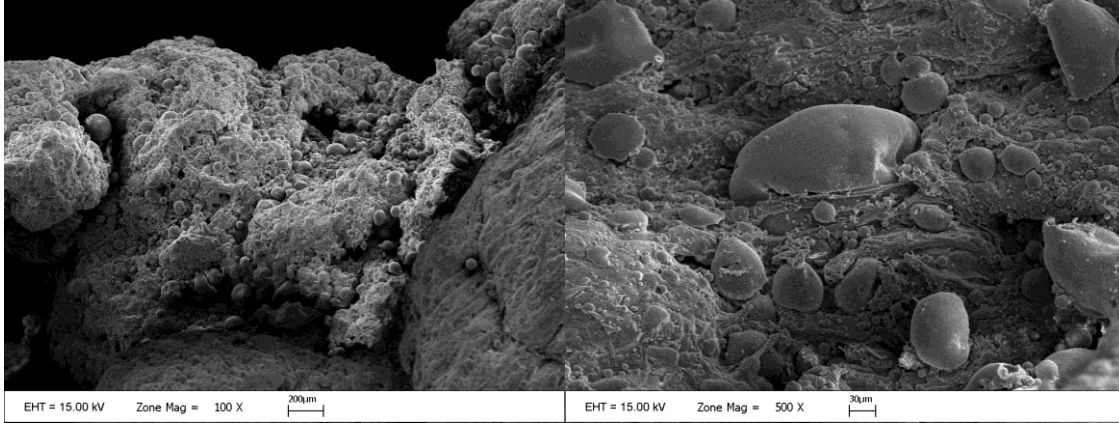
SEM görüntüleri değerlendirildiğinde optimum şartlarda üretilen yeniden yapılandırılmış ürünün 100x ve 500x büyütmeye ait doku fotoğraflarının diğer tüm örnekler arasında en homojen yapıya sahip ve en sıkı dokuya ait örnekler olduğu görülmektedir. Bu örneğe ait yapılandırma süresi 17,5 saat olarak belirlenmiştir. Ayrıca  $3.56 \text{ gf/cm}^2$  baskı ağırlığına sahip olması duysal ve tekstürel bakımdan da en tercih edilen özellikleri ortaya koymaktadır. Buna ek olarak %0.32 MTGaz içermesi baskı ağırlığının etkisiyle birlikte dokuda daha etkili sonuçların ortaya çıkmasını sağlamıştır (Şekil 4.40).



**Şekil 4.40.** Optimum örneğe ait ( $S_{16}= 17.5\text{S}-3.56 \text{ gf/cm}^2$ -%0.32 MTGaz) depolama başlangıcı SEM görüntüleri

Üretilen optimum örnekte depolama süresinin başlangıcında ve sonunda SEM incelemesi gerçekleştirilmiştir. Örneğe ait 100x büyütme içeren fotoğrafa göre, örnekte 0. ay MTGaz'ın ürünün doku bütünlüğünü büyük ölçüde sağladığı görülmektedir. 500x büyütmeye ait fotoğraf incelendiğinde ise, dokuda bulunan yuvarlak yapıların MTGaz'ın tetiklediği reaksiyonlardan biri olan ve çoğunlukla yağ ile kısmen de olsa diğer maddelerin birleşmesiyle ortaya çıkan emülsiyon tanecikleri olduğu belirlenmiş ve bu durum literatür çalışmaları ile de desteklenmiştir.

Çapraz bağlanma reaksiyonları proteinlerin amfifilik özelliklerini güçlendirmektedir. Peptitler su-yağ arayüzünde absorbe edilmeye yatkın hale gelerek, emülsifiye edici aktiviteleri artmaktadır (Şekil 4.41). Bu durum çeşitli araştırmalarda MTGaz ilavesi ile emülsifiye edici özelliklerin %30 oranında arttığı ifadeleriyle vurgulanmaktadır (Anuradha ve Prakash 2009; Ahmadi vd. 2017; Wang vd. 2019; Feng vd. 2019).



**Şekil 4.41.** Optimum örneğe ait ( $S_{16}= 17.5S-3.56 \text{ gf/cm}^2$ -%0.32 MTGaz) depolama Sonucu SEM Görüntüleri

Dondurulmuş depolamanın sonunda ortaya çıkan 25 mg/100 g TVB-N tazelik limiti sonrası fotoğraflar ile yeniden yapılandırılmış ürünlerin başlangıç fotoğrafları kıyaslandığında, jel emülsiyonlarının büyüklüklerinde ve miktarlarında artış belirlenmiştir. Bu durumun sebebi depolama sırasında amorf matriksin çökmesi nedeniyle yapısal bütünlük kaybı olarak değerlendirilmektedir (Drusch vd. 2006; Drusch 2007). Ortaya çıkan damlacık yapılarının özellikle MTGaz içeren örneklerde sayı ve büyüklük bakımından daha belirgin olduğu diğer çalışmalarda olduğu gibi bu araştırmada da görülmektedir (Damodaran 2005; Drusch vd. 2006; Zang vd. 2019).

Tüm fotoğrafların görüntü tarama yazılımı değerlendirmesi de yapılmıştır. Depolama başlangıcı ve sonunda yapılan görüntü tarama ölçümlerine göre taneciklere ait uzunluk değerleri depolama başlangıcında 28.823  $\mu\text{m}$  (n=41) ve depolama sonunda 29.023  $\mu\text{m}$  (n=56) bulunmuştur. Ayrıca taneciklerin kapladıkları toplam alan depolama başlangıcında %13.04 (n=41) olarak gözlemlenmiş, depolama sonunda ise %14.79 (n=56) alan kapladıkları tespit edilmiştir.

#### 4.2.2. Depolama süresince ortaya çıkan çözünme kaybı bulguları

Dondurma ve çözündürme işlemleri nedeniyle ürünler birebir eski formlarına dönememekte ve sıvı kaybı meydana gelmektedir. Çözünme kaybı olarak adlandırılan sıvı kaybı ürünün raf ömrü süresince değişime uğramaktadır. Tüketicilerin ürünün duyusal özelliklerini algılayarak su miktarı ile ilişkili olarak kalitesini de göz önünde bulundurduğu bilinmektedir (Grossi vd. 2014).

Hammaddeye ilave edilen MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve yeniden yapılandırma süresi değişkenlerinin değerlendirilmesi için üretimi yapılan levrek etinin, dondurarak depolanması ile raf ömrü takibine göre çözünme kaybı değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir.

**Çizelge 4.37.**  $S_{16}$  örneği için çözünme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F         |
|----------------------|------|------------|-----------|
| Depolama süresi      | 5    | 1.14858428 | 11269.8** |
| Hata                 | 6    | 0.00010192 |           |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

Gözlemlenen değerler açısından, MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı değişkenlerinin çözünme kaybı değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Farklı depolama gruplarındaki levrek etlerinin çözünme kaybı değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.38'de aktarılmıştır.

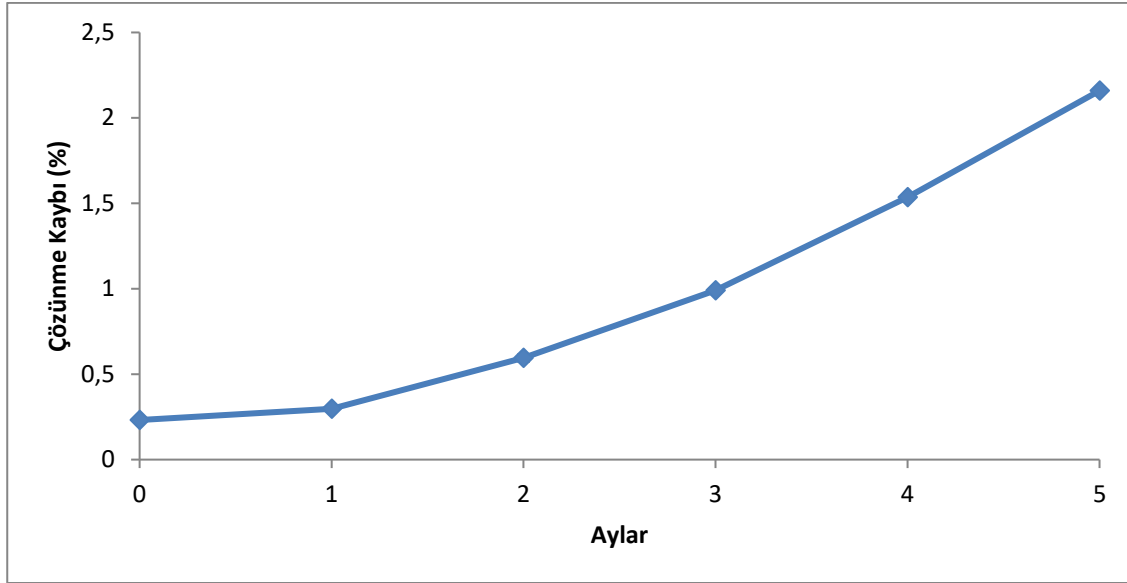
**Çizelge 4.38.**  $S_{16}$  örneği için çözünme kaybı değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Çözünme Kaybı (%) |
|-----------------|-------------------|
| 0. Ay           | 0.231±0.004 f     |
| 1. Ay           | 0.298±0.007 e     |
| 2. Ay           | 0.595±0.021 d     |
| 3. Ay           | 0.989±0.009 c     |
| 4. Ay           | 1.533±0.001 b     |
| 5. Ay           | 2.159±0.001 a     |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Yanıt Yüzey Metodu'na göre 15 örnek serisinin üretilmesinin ardından optimum örnek olarak tespit edilmiş olan  $S_{16}$ : (17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) örneğinin depolaması gerçekleştirilmiştir. Beş ay süren depolama boyunca çözünme kaybı değerleri düzenli olarak takip edilmiştir. Depolamaya alınan örnekte 0.ayda %0.231±0.004 çözünme kaybı değeri gözlemlenmiş olup, bir ay depolama sonunda düşük miktarda (%0.298±0.007) artış göstermiştir. Çözünme kaybında belirlenen artış giderek ivmelenmiş ve depolama süresinin sonunda %2.159±0.001 değerine kadar ulaşmıştır.

Elde edilen bulgulara göre %0.32 MTGaz içeren yeniden yapılandırılmış bir üründe düşük miktarda çözünme kaybı olduğu gözlemlenebilmektedir. Baskılama ağırlığının ürüne yalnızca şekil verdiği ve üründe çözünme kaybını tetiklemeyecek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak yapılandırma süresinin de yeterli ve çözünme kaybını arttırmayacak düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.42).



**Şekil 4.42.** Çözünme kaybı değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Çözünme kaybı ile ürünlerde dondurma ve çözündürmeye bağlı olarak suda çözünen bileşikler uzaklaşmaktadır. Suda çözünebilir besin maddeleri ve özellikle suda çözünen proteinlerin kayba uğraması sonucunda üründe lezzet, koku, aroma, tekstür gibi parametrelerde olumsuzluklar ortaya çıkabilmektedir. Bu durum ürünlerin hem besin değerinde kayıplara hem de ürün tekstüründe olumsuz değişimlere yol açmaktadır. Buzdolabı şartlarında ( $+4^{\circ}\text{C}$ ) yapılan geleneksel çözündürmenin ürünlerde %5'e varan çözünme kaybını ortaya çıkartabileceği vurgulanmıştır (Bedane vd. 2018).

Atlantik uskumru balığı (*Scomber scombrus*, L.) filetolarının  $50\pm 2$  Mpa yüksek basınç uygulamasının ardından ürünler %44'lük polipropilen glikol çözeltisi uygulanmış ve  $5^{\circ}\text{C}$ 'de 12 gün boyunca depolanarak çözünme kaybı takip edilmiştir. Sonuçlara göre atmosferik basınç altında bekletilen örneklerde çözünme kaybı  $\%3.77\pm 0.23$  olarak tespit etmişlerdir (Otero vd. 2018).

Çözünme kaybı üzerine yapılan bir araştırmada, morina (*Gadus morhua* L.) filetolarında düşük miktarda tuzlanan örnekler ile kontrol örnekleri arasında %10'luk çözünme kaybı farkı ortaya çıktığı belirtilmiştir. Ayrıca morina balığı için standart şekilde yapılan dondurma ve çözündürme işlemlerinde çözünme kaybının ortalama olarak %4.1-%9.4 aralığında olduğu bildirilmiştir.  $-30^{\circ}\text{C}$ 'de 10 hafta boyunca yapılan dondurma işlemi neticesinde filetolara 180 g/L NaCl+0, 4.5, 9 veya 18 g Carnal 2110/L enjeksiyonu yapılmıştır. Çözünme kaybının artışının sebebinin kas proteinlerinin dondurma ve çözündürme esnasında denatüre olması, ayrıca da kas liflerinin dondurma işlemleri sırasında küçülmesi olarak vurgulanmıştır (Björkevoll vd. 2017).

Atlantik somon (*Salmo salar*) filetoları  $1^{\circ}\text{C}$ 'de ve pH 6.8–6.9 olan deniz suyu+CO<sub>2</sub> uygulaması ardından analize kadar  $-80^{\circ}\text{C}$ 'de dinlendirilmiştir. Yapılan çalışma doğrultusunda, araştırmacılar tarafından  $0.35\pm 0.59^{\circ}\text{C}$ 'de 19 günlük depolama süresi boyunca ürünlerin çözünme kaybı takip edilmiş ve 19.güne kadar sürekli artış

gösterdiği belirtilmiştir. 13.günde ürünlerde %2 olarak belirlenen çözünme kaybının 19. güne dek artış göstererek %2.5’u aştığı vurgulanmıştır (Lerfall vd. 2015).

Atlantik somon (*Salmo salar*) ürünlerinin -30°C’de 2.5 kPa basınçta 2.1 dk %20’lik buz içeriğine erişecek şekilde süper soğutma uygulaması ardından yapılan çözünme kaybı analizine göre, ürün merkez noktası -1.7±0.3°C’ye soğutulan balıklarda, 14. günün sonunda %2 den fazla çözünme kaybı olduğu belirtilmiştir. Bu sıcaklığın ürünün kalitesini korumak için düşük seviyede yeterli olduğu buna karşılık yapısal hasara sebep olabilecek büyüklükteki buz kristali oluşumunu da önleyecek düzeyde yeterli olduğu vurgulanmıştır (Kaale vd. 2014).

Yine Atlantic somon balığı (*Salmo salar*) ile gerçekleştirilen bir çalışmada, filetolara %80/%90 peynir altı suyu veya izolatu kullanılarak 2:1 oranında protein:gliserol çözeltisi ve 2 M NaOH pH 7 olana dek 80°C’de 30 dk karıştırılmıştır. Ardından %1 MTGaz uygulanmış ve -10°C’de 4 ay depolanmıştır. 20.8 W’lık ultrasonik uygulama ile birlikte MTGaz içeren örneklerde ise çözünme kaybı değerleri 4.ay sonrası %5.07±1.05 olarak belirlenmiştir (Rodriguez-Turienzo vd. 2013).

Levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) eti üzerinde yapılan bir çalışmada 4:1 oranında buzlu su içerisinde dinlendirilen balıklarda, çözünme kaybı olarak kontrol örneklerinde 12.günün sonunda %5.39 sonucu tespit edilmiştir (Nathanailides vd. 2011). Çalışmamızda da depolama süresi boyunca levrek etinden yeniden yapılandırılarak üretilen ürünlerin çözünme kaybı değerleri takip edilmiştir. Depolama başlangıcından itibaren artış gösteren çözünme kaybı bulguları 5.ayda %2.159±0.001 değerine kadar ulaşmıştır.

Araştırmamızda çözünme kaybı değerleri açısından, %0.32 MTGaz ve 3.56 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığı içeren 17.5 saat süresince yeniden yapılandırılmış optimum örnekte, depolama süresi boyunca düşük miktarda artış gözlemlenmiştir. MTGaz’ın protein ağını teşvik ederek buz kristallerinin stabil kalmasını sağladığı ve kristallerin belirli büyüklüğün üzerine çıkmadığı da yeni yapılan araştırmalarda vurgulanmıştır (Luo vd. 2020). Literatür çalışmalarına kıyasla ürünümüzde kullanılan baskılama ağırlıkları ile literatürdeki kullanımına kıyasla daha düşük oranda MTGaz’ın uygun yapılandırma süresince ürün dokusunu sıkı hale getirerek çözünme kaybının yavaşlatılmasına yardımcı olduğu gözlemlenmiştir.

#### 4.2.3. Depolama süresince ortaya çıkan toplam serbest amino asit bulguları

Değişkenler olarak belirlenen MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi parametrelerinin toplam serbest amino asit değerlerine etkilerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.39’da verilmiştir.

**Çizelge 4.39.** S<sub>16</sub> örneği için toplam serbest amino asit değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 75.8142000 | 116.00** |
| Hata                 | 6    | 0.6535667  |          |

(\*\*) p<0.01 düzeyinde önemli, (\*) p<0.05 düzeyinde önemli

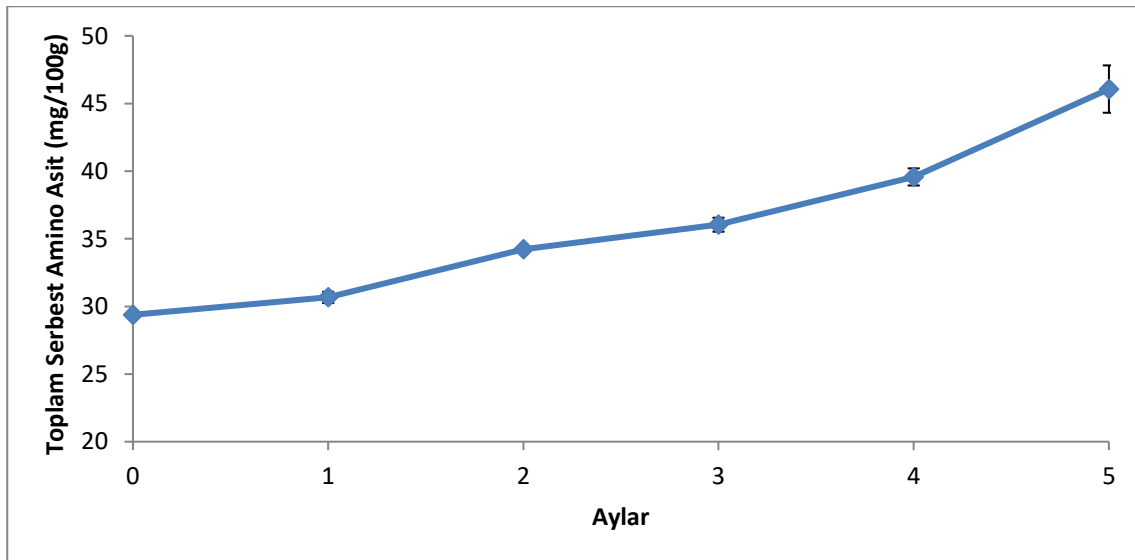
MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı parametrelerinin toplam serbest amino asit değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çeşitli uygulama gruplarındaki balık etlerinin toplam serbest amino asit değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.40'ta aktarılmıştır.

**Çizelge 4.40.**  $S_{16}$  örneği için toplam serbest amino asit değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Toplam Serbest Amino Asit Değeri (mg/100g) |
|-----------------|--------------------------------------------|
| 0. Ay           | 29.375±0.03 d                              |
| 1. Ay           | 30.665±0.41 d                              |
| 2. Ay           | 34.230±0.15 c                              |
| 3. Ay           | 36.035±0.51 c                              |
| 4. Ay           | 39.570±0.63 b                              |
| 5. Ay           | 46.065±1.75 a                              |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toplam serbest amino asit bulguları açısından verilen değerlerin özellikle baskılama ağırlığı, yapılandırma süresi parametreleri bakımından etkili sonuçları ortaya koyduğu önceki aşamada üretimi yapılan 15 seri ile kıyaslandığında da gözlemlenebilmektedir. Depolamaya alınan tek örnek olan  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneğinin toplam serbest amino asit 0.ay değeri 29.38±0.03 mg/100g belirlenmiştir. Depolama süresinin artması ile birlikte toplam serbest amino asit değerleri de yükselmiş ( $p<0.01$ ) ve 5.ayda 46.06±1.75 mg/100g seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.43).



**Şekil 4.43.** Toplam serbest amino asit değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Fang vd. (2019) araştırmalarında gümüş sazan balığına (*Hypophthalmichthys molitrix*) 15 U/g MTGaz ilavesinin serbest amino asit miktarını azaltarak çapraz bağlanma reaksiyonlarını teşvik ettiğini ve kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar alındığını vurgulamışlardır. Buna ek olarak sonuçların tekstür sonuçları ve SEM analizleriyle de paralel olduğunu belirtmişlerdir. SEM sonuçlarında gözenek miktarının azalmasıyla birlikte MTGaz oranının artışı arasında paralellik olduğunu tespit etmişlerdir.

Yuan vd. (2017) araştırmalarında bir karides türü olan (*Metapenaeus ensis*)'in özelliklerini incelerken serbest amino gruplarının azaldığını, bu durumun karidese sonradan uygulanan ve insanların kan serumundan elde edilen 10 U/g TGaz ile doğrudan ilişkili olabileceği vurgulanmıştır. Zira enzimin karboksilamid ve birincil aminler arasında açıl transfer reaksiyonlarını katalizlediğini ve bunun sonucu olarak da glutamin lizin çapraz bağlanmalarının arttırdığını belirtmişlerdir. Araştırmamızda mikroorganizmalardan üretilen TGaz enziminin de toplam serbest amino asit miktarının artışı baskıladığı tespit edilmiştir.

Uskumru balıklarının 50°C'de otoliz esnasında geçirdiği değişimleri her 5 saatte bir inceleyen bir araştırmaya göre, balıkların başlangıçtaki serbest amino asitlerin miktarı toplam bakımdan 214.1±8.1 mg/100g iken, 25.saat sonunda 416.1±212.0 mg/100g değerine ulaştığı vurgulanmıştır (Wu vd. 2003).

Araştırmamızda da depolama süresi boyunca artış gösteren toplam serbest amino asit değerleri, optimum örnek içerisinde bulunan %0.32'lık MTGaz oranı ve baskı ağırlığının birlikte etki göstermesiyle birlikte düşük seviyelerde gözlemlenmiştir. Ürünlerin depolama süresi boyunca otolize uğramaları ve bununla birlikte protein denatürasyonu ürünlerde proteinler başta olmak üzere organik bileşiklerin amino asitlere kadar parçalanabildiği ve toplam serbest amino asit miktarının artmasına sebebiyet verebildiği çeşitli araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Litwack 2018; Perez-Santaescolastica vd. 2018; Waraksa vd. 2019). Çalışmada elde edilen düşük serbest amino asit değeri kalitenin korunmuş olduğunun bir göstergesidir. Toplam serbest amino asit değerinin tespit edilmesi ile hem MTGaz başta olmak üzere araştırma parametrelerinin etkinliği ortaya konulmuş hem de depolama süresi boyunca kalite değişimleri hakkında somut sonuçlar elde edilmiştir.

#### 4.2.4. Depolama süresince ortaya çıkan tekstür profil analizi bulguları

Dondurarak depolama, ürünlerde tekstürel özelliklerin kayba uğramasında rol oynayabilmektedir (Cardoso vd. 2012).

Dondurma ve çözündürme işlemleri sırasında, yapının bütünlüğünün bozulması ve dokunun yumuşaması buz kristallerinin proteaz enziminin ortaya çıkmasını tetiklemesinden kaynaklanmaktadır. Sertlik (Hardness) değeri ürünü sıkıştırmak için gerekli maksimum kuvveti (g) ifade etmektedir ve tekstür profil analizlerine ait birincil parametrelerin en önemlisi olarak bilinmektedir. Adhezyon (Adhesiveness) birincil parametrelerden biri olup, tekstür analiz cihazına ait silindirik probun numuneyi ilk sıkıştırmadan sonra oluşan grafikte apsis altında kalan alanı ifade etmektedir. Bu parametre MTGaz ilavesinden etkilenmekte ve protein polimerizasyonu neticesinde

yüzeyin yapışkan hale gelmesi de bu durumu etkileyebilmektedir. Kohezyon (Cohesiveness) ise ikinci sıkıştırma eğrisi altında kalan alanın, ilk sıkıştırma sonucu ortaya çıkan eğrinin altında alanında kalan alana oranı olarak ifade edilebilmektedir ve birincil parametreler arasında yer almaktadır. Esneklik (Springiness) numunenin ilk sıkıştırma sonrası tekrar kendini toparladığı durum için cihazın hareket mesafesi olup “mm” biriminden ya da %’lik değer üzerinden değerlendirilmekte olup ve birincil parametrelerden bir tanesidir. İkincil parametrelerden olan yarı-katı maddenin çiğnenebilirliği ya da sakızimsızlık (Gumminess) ürünün yutmadan önceki çiğnenme durumunu ifade etmekte ve “sakızimsızlık = sertlik x kohezyon” formülüyle ifade edilebilmektedir. Yapışkanlık ise (Stickiness) ürüne temas etmiş bir materyali üründen uzağa çekmek için harcanan kuvvetle ilişkilidir. Katı maddelerin çiğnenebilirlik (Chewiness) (g) değeri ise bir gıda maddesinin yutulana kadar parçalanması amacıyla harcanan enerjiyi ifade eder ve “katı madde çiğnenebilirliği = sertlik x kohezyon x esneklik” çarpımları olarak hesaplanabilmektedir. Elastikiyet (Resilience) tekstür profil analizlerine dahil edilebilmektedir (Martinez vd. 2004; Rahman ve Al-Farsi 2005; Andres-Bello vd. 2011; Chen ve Opara 2013a; Paula ve Silva 2014; Saldana vd. 2015; Tzikas vd. 2015; Renzetti ve Jurgens 2016; Sorapukdee vd. 2018; Chen vd. 2019).

Yanıt yüzey metodu değerlendirmesi sonucu belirlenen optimum MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulaması ile üretilen yeniden yapılandırılmış levrek etinde sertlik, adhezyon, sakızimsızlık, elastikiyet, esneklik, kohezyon ve çiğnenebilirlik parametreleri incelenmiştir. Her üç değişken de belirtilen parametreler üzerinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) etkiye sahip olmuştur. Üretilen optimum örneğe ait tekstür profil analizi parametreleri bulguları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.41’de aktarılmıştır.

**Çizelge 4.41**  $S_{16}$  örneği için tekstür profil analizi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

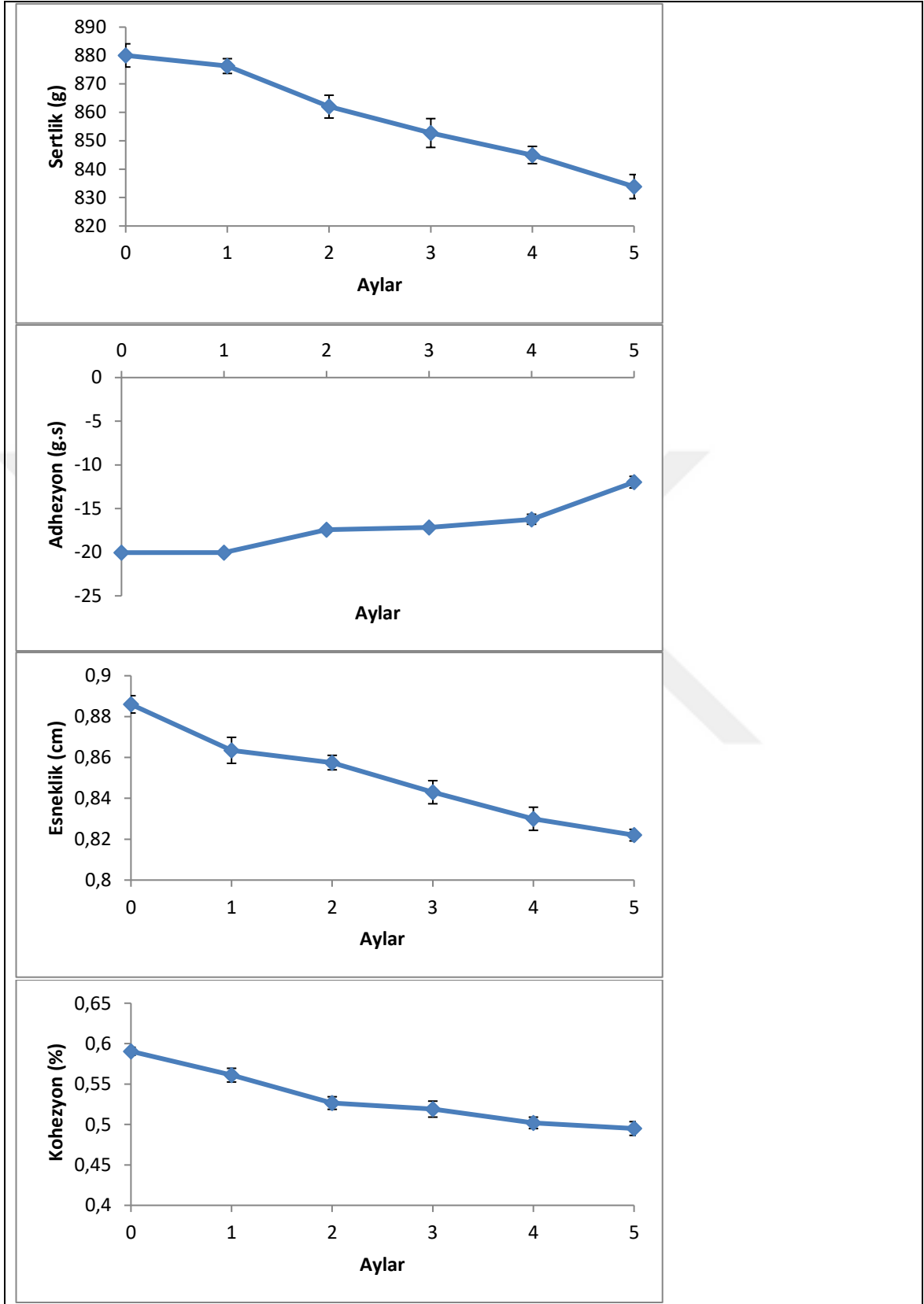
| Depolama Süresi | Sertlik (Hardness) (g)** | Adhezyon (Adhesiveness) (g.s)** | Sakızimsılık (Gumminess) (g)** | Elastikiyet (Resilience) (%)** | Esneklik (Springiness) (cm)** | Kohezyon (Cohesiveness) (%)** | Çiğnenebilirlik (Chewiess) (g)** |
|-----------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 0. Ay           | 880.03±4.07 a            | -20.03±0.07 d                   | 519.65±1.94 a                  | 0.240±0.002 a                  | 0.886±0.004 a                 | 0.590±0.004 a                 | 460.41±3.93 a                    |
| 1. Ay           | 876.29±2.59 a            | -20.03±0.23 d                   | 491.61±8.89 b                  | 0.236±0.002 a                  | 0.863±0.006 b                 | 0.561±0.008 b                 | 424.53±10.80 b                   |
| 2. Ay           | 862.00±4.01 b            | -17.43±0.17 c                   | 453.86±8.81 c                  | 0.230±0.002 b                  | 0.857±0.003 b                 | 0.526±0.007 c                 | 389.20±9.16 c                    |
| 3. Ay           | 852.72±5.07 cb           | -17.15±0.03 c                   | 442.35±5.80 c                  | 0.224±0.002 c                  | 0.843±0.005 c                 | 0.519±0.009 dc                | 373.04±2.39 c                    |
| 4. Ay           | 844.98±3.02 c            | -16.22±0.57 b                   | 424.17±4.54 d                  | 0.216±0.002 d                  | 0.830±0.005 d                 | 0.502±0.007 de                | 352.07±6.09 d                    |
| 5. Ay           | 833.86±4.23 d            | -11.98±0.66 a                   | 412.74±4.97 d                  | 0.207±0.001 e                  | 0.822±0.002 d                 | 0.495±0.008 e                 | 339.26±2.92 d                    |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

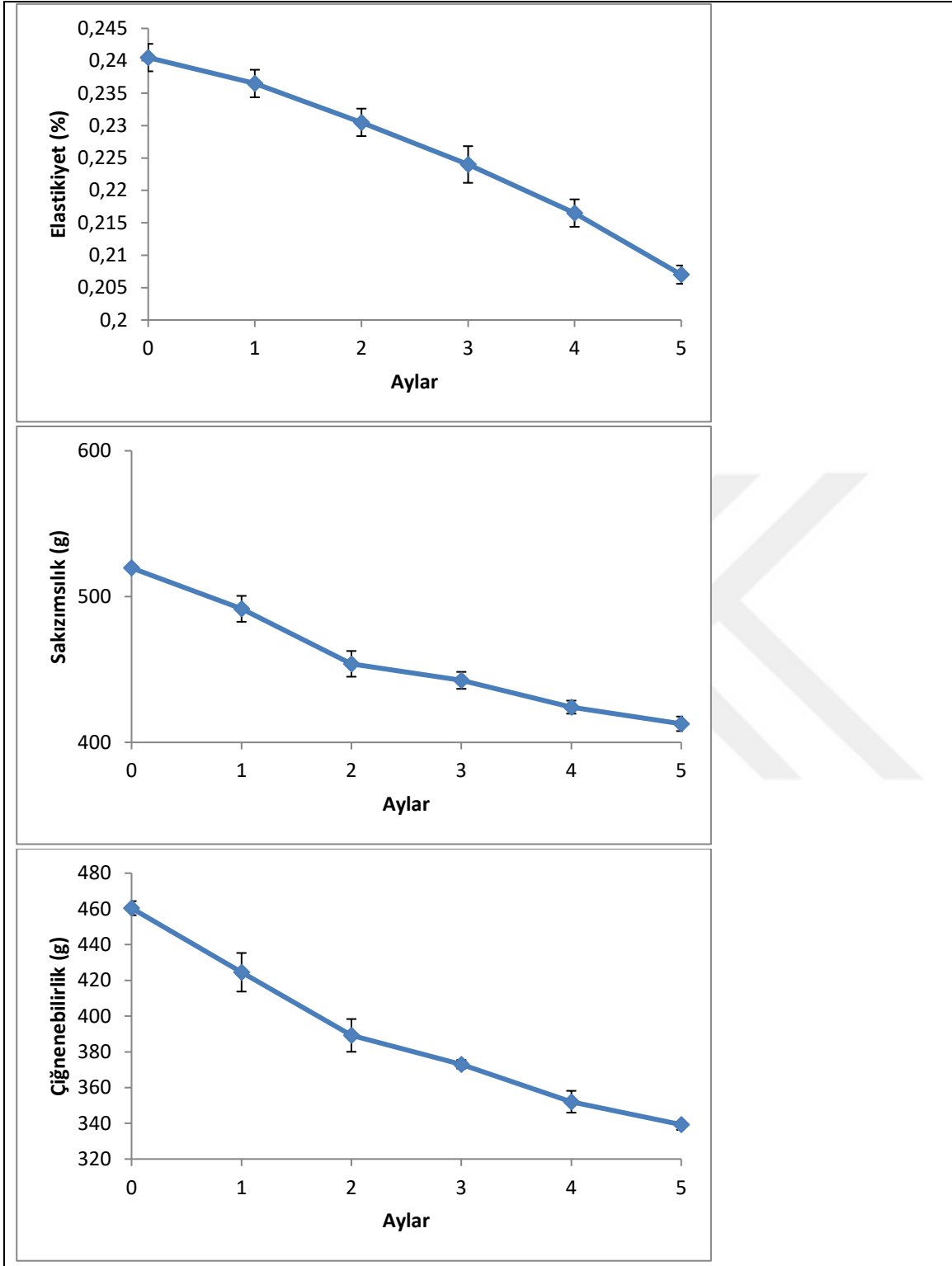
\*\*p<0.01

Tekstür profil analizinin gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkan sertlik değeri, ürünün dokusunun durumunu en öncelikli ifade eden ve en yaygın değerlendirilmeye alınan parametredir. 15 adet serinin üretimi sonrasında optimum örneğin ortaya çıkması amacıyla birincil parametrelerden en önemlisi olan sertlik değeri için, çalışmamızın ilk kısmında “850±30 g” ortalama aralığına dahil olan 6 örnek serisinin sonuçları ( $S_7$ ,  $S_8$ ,  $S_9$ ,  $S_{11}$ ,  $S_{14}$ ,  $S_{15}$ ) belirlenmiştir. Bu aralığın ortaya çıkmasında örneklerin duyusal analiz değerlendirmeleri da göz önüne alınmıştır. Ortaya çıkan bulgular doğrultusunda  $S_{16}$  örneğinin 0. ay analizlerine göre 880.04±4.07 g değerine ulaştığı ve belirlenen aralık içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Örnek sonuçları depolama süresi boyunca giderek azalma göstermiş ve sertlik bakımından 3.ayda 852.72±5.07 g değerine, 5.ayda ise 833.87±4.23 g değerine kadar azalmaya uğramıştır. Depolama süresi boyunca ürünün sertliği araştırmanın ilk kısmında belirlenen optimum aralık sınırları içerisinde kalmıştır (Şekil 4.44). Tekstür profil analizi için birincil parametrelerden bir diğeri olan adhezyon sonuçları negatif olarak ifade edilmektedir. Depolama süresince gözlemlenen adhezyon değerleri doğrultusunda, örneklerin 0.ayda -20.03±0.07 g.s olan değerleri ürünün doku tazeliğini yavaş yavaş kaybetmesiyle birlikte giderek 0’a yaklaşmış ve 5.ayda -11.98±0.66 g.s değerine ulaşmıştır, bu durum adhezyon ifadesinin tanımında geçen yapışkanlık terimi ve MTGaz etkinliğinin azalmasıyla da ilişkilendirilebilmektedir (Şekil 4.44). Birincil parametrelerden üçüncüsü olan kohezyon değeri için 0.aydan itibaren gerçekleştirilen analizler neticesinde, 0.ayda %0.5905±0.004 olarak tespit edilen değerler depolama süresi boyunca bir miktar düşüşe uğramış ve 5.ayda %0.4950±0.008 değerine ulaşarak ürün depolama süresini tamamlamıştır (Şekil 4.44). Esneklik değeri, 0.ayda 0.886±0.004 cm olarak belirlenmiş, giderek azalmış ve depolamanın 4. ve 5.aylarında istatistiksel bir fark gözlemlenmemiştir (Şekil 4.44)

Tekstür profil analizinin ikincil parametrelerinden olan elastikiyet değeri ilk iki ay istatistiksel olarak farklı belirlenmemiş ancak depolamanın ilerlemesi ile birlikte önemli ( $p<0.01$ ) bir azalma göstererek 5.ayda %0.207±0.001 değerine ulaşmıştır. Buna ek olarak ürünün elastikiyet değerinde azalma dokunun depolama süresince giderek tazeliğini kaybettiğini ifade edebilmektedir (Şekil 4.45). Çiğnenebilirlik değerleri açısından, 0.ayda 460.41±3.93 g değeri ile depolama başlangıcı yapan ürün, 2. ve 3. ayda, 4. ve 5. ayda birbirinden farklı bulunmamış olmasına rağmen depolama süresinin sonunda 339.27±2.92 g değerine ulaşmıştır (Şekil 4.45). Sakızımsılık değerleri, çiğnenebilirlik değerleri ile benzerlik göstermektedir. Depolama süresi boyunca 0. ayda 519.65±1.94 g değerinden başlamış ve 5.ayda ise 412.74±4.97 g değerine kadar azalmaya uğramıştır (Şekil 4.45).



Şekil 4.44. Sertlik, Adhezyon, Esneklik ve Kohezyon değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri



**Şekil 4.45.** Elastikiyet, Sakızımsılık ve Çiğnenebilirlik değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimler

MTGaz özellikle proteinlerde çapraz bağlanmalara ve polimerizasyona yol açması nedeniyle ürünlerin tekstür özellikleri üzerine etkili olmaktadır. Araştırmacılar da MTGaz kullanılan ürünlerde tekstür profil özelliklerine önem vermektedirler.

Literatürde yer alan MTGaz ilave edilerek hazırlanmış yeniden yapılandırılmış ürünlere ait tekstür profil analizi bulguları Çizelge 4.42’de özetlenmiştir. Yeniden yapılandırma işlemleri, jel özelliklerinin incelenmesi ve geliştirilmesi, ezme ürünlerin eldesi ya da surimi eldesi gibi çeşitli araştırmalar bulunmaktadır.

Her bir çalışmada elde edilen ürünün kendi içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak özellikle MTGaz içeren örneklerin ve kontrol örneklerinin kıyaslandığı farklı sıcaklıklarda, farklı süreler doğrultusunda uygun ürüne ulaşmayı hedefleyen araştırmalara da rastlanılmıştır.

Bu çalışmalara göre, tekstür sonuçlarının MTGaz ile daha sert hale geldiği, dokunun sıkılaştığı, ürünün çiğnenebilirliği ve esnekliği gibi parametrelerinin iyileştiği gözlemlenebilmektedir. Gerçekleştirilen tez çalışmasında elde edilen bulgular literatür sonuçları ile benzer nitelikler taşımaktadır.

Her araştırmada farklı metodlar uygulanarak, çeşitli ürünler üretilmiştir. Yeniden yapılandırılmış ürünler arasında farklı balık türlerinin, sıcaklık uygulamalarının mevcut olduğu göz önüne alınmalıdır. Birimlerin birbirleriyle eşitlenmesinde gram, kilogram ve newton farklılıkları mevcuttur. Tekstür profil analizi sonuçları MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi uygulamalarının önemi ortaya çıkartmaktadır. Araştırmamızda, elektron mikroskobu altında gözlemlenebilen protein ağının farklı çalışmalarda da ön plana çıktığı, ayrıca bu reaksiyonun baskılama ağırlığı etkisiyle daha yüksek seviyelere ulaşarak tekstür sonuçlarını da olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Bu durum panelistlerin puanlama ve yorumlarına yansımıştır. Ürünlerin doku sıkılığı otolize bağlı olarak depolama süresi boyunca kalite kaybına uğramış ancak bu durum MTGaz ve baskılama ağırlığının oluşturduğu protein ağı sayesinde yavaş ilerlemiştir.

4°C’de yapılandırılan ürünün 17.5 saat yapılandırma süresine ek olarak 3.56 gf/cm<sup>2</sup> baskılama ağırlığıyla ve yalnızca düşük MTGaz oranı (%0.32) ile optimum örneği ortaya çıkarttığı belirlenmiştir. Literatür çalışmalarında da dokunun MTGaz ilavesiyle sıkılaştığı ve TPA bulgularının iyileştiği vurgulanmıştır (Çizelge 4.42).

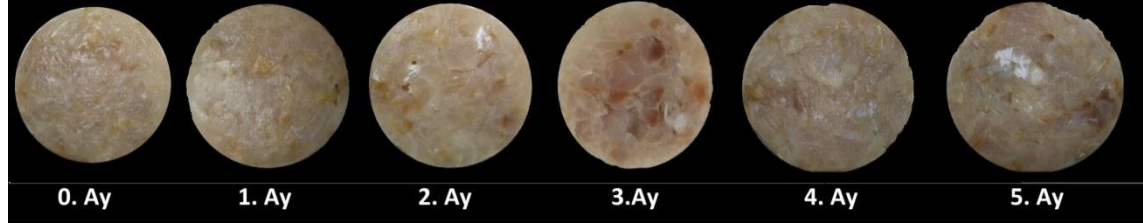
**Çizelge 4.42. MTGaz ilaveli yeniden yapılandırılmış ürünlerin TPA bulguları**

| Araştırmacı             | Balık Türü                                                                | Katkı Maddeleri                                                                                                                         | İşleme Yöntemi                                           | TPA Bulguları                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ribeiro vd. 2018        | Halili balığı ( <i>Argyrosomus regius</i> )                               | 5 g/kg MTGaz                                                                                                                            | Jambon benzeri ürün için 82°C'de 1sa. 50 dk ısıtıl işlem | <b>MTGaz içeren örnekler:</b><br>S= 64.23±10.75 N,<br>K= %0.50±0.01,<br>s= 34.95±1.26 N,<br>Ç= 29.55±0.87 N                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Martelo-Vidal vd. 2016a | Berlam ( <i>Merluccius merluccius</i> )                                   | 251 U/kg MTGaz,<br>589 U/kg MTGaz,<br>172 U/kg MTGaz                                                                                    | 25°C'de 2 saat yapılandırma işlemi                       | <b>251 U/kg MTGaz için:</b><br>A= -21.57±12.82 g.s,<br><b>589 U/kg MTGaz için:</b><br>E= 0.835±0.03<br><b>172 U/kg MTGaz için:</b><br>Ç= 2242±1110 g                                                                                                                                                                                                                                 |
| Martelo-Vidal 2016b     | Ton balığı ( <i>Tunnus alalunga</i> )                                     | 450 U/kg MTGaz                                                                                                                          | 4°C'de 18 saat                                           | S= 23.978 g<br>A= -2.65 g.s<br>E= 0.713<br>K= %0.386<br>Ç= 6638.41 g                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Tzikas vd. 2015         | İstavrit ( <i>Trachurus mediterraneus</i> )                               | %0, %0.5 ve %1 MTGaz ve %0, %1 ve %2 NaCl                                                                                               | 2±2°C'de 24 saat yapılandırma                            | <b>Kontrol için:</b><br>S= 2-4 N arası<br>K= %0.2-%0.3 arası<br>E= 4 mm<br><b>%0.5 MTGaz:</b><br>S= 4-6N arası<br>K=%0.3<br>E= 5-8 mm<br><b>%1 MTGaz:</b><br>S= 6-8 N<br>K= %0.3-0.4<br>E= 6-8 mm                                                                                                                                                                                    |
| Cardoso vd. 2012        | Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) ve Çipura ( <i>Sparus aurata</i> ) | %0.5 MTGaz + %11.5- %12.8 düzeyinde su + %2.5 tuz                                                                                       | 90°C'de 1 saat ısıtıl işlem ardından 5±1°C'de soğutma.   | <b>Levrek ve Çipura Kontrol:</b><br>S= 26.1±0.5 N ve 11.7±1.4 N<br>K= %0.50±0.01 ve %0.53±0.00<br>s=13.0±0.9 N ve 6.2±0.7 N<br>E= 0.84±0.01 ve 0.73±0.01<br>Ç= 10.9±0.8 N ve 4.5±0.07 N<br><b>Levrek ve Çipura %0.5 MTGaz:</b><br>S= 29.7±2.2 N ve 13.5±2.4 N<br>K= %0.60±0.01 ve %0.69±0.01<br>s=17.8±1.5 N ve 9.4±1.9 N<br>E= 0.86±0.01 ve 0.84±0.01<br>Ç= 15.3±1.2 N ve 7.9±1.6 N |
| Cardoso vd. 2011a       | Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )                                    | MTGase (5 g/kg, w/w) ve diyet lifi (bezelye içi lifi, 40 g/kg, w/w, karragenan, 10 g/kg, w/w, karragenan+ konjak unu, 10+ 10 g/kg, w/w) | 2 °C'de 24 saat yapılandırma işlemi.                     | <b>Kontrol için:</b><br>S= 10.2±0.9 N<br>K=%0.52 ±0.01<br>E=0.72±0.00<br>Ç=4.0±0.3 N<br><b>5g/kg MTGaz için:</b><br>S= 17.2±1.7 N<br>K=%0.61±0.01<br>E=0.83±0.01<br>Ç=8.8±0.6 N                                                                                                                                                                                                      |

K= kohezyon, S= sertlik, s= sakızimsılık, Ç= çiğnenabilirlik, A= adhezyon, E= esneklik.

#### 4.2.5. Depolama süresince ortaya çıkan boyut ve gözenek taraması bulguları

Depolama süresi boyunca boyut ve gözenek miktarında meydana gelen değişimlerin takip edilmesi amacıyla görüntü tarama yazılımı kullanılmıştır. Standart ışık altında (6500 Kelvin ve 806 Lümen parlaklığına sahip ışık kullanılmıştır) fotoğrafı çekilen örneklerdeki değişim Şekil 4.46’da sunulmuştur. Fotoğraflar incelendiğinde, boyutta meydana gelen sapma ve gözenek miktarındaki artışın depolama süresine paralel olarak arttığı görülmektedir.



**Şekil 4.46.**  $S_{16}$  örneğinin depolama süresi boyunca boyut ve gözenek miktarındaki değişimlerin fotoğraflanması

##### 4.2.5.1. Depolama süresince ortaya çıkan boyut taraması bulguları

Yeniden yapılandırılmış ürünlerin depolama süresi boyunca görüntüleme yazılımı ile boyut taraması değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel açıdan tespit edilerek, değerlendirme sonuçları Çizelge 4.43’te aktarılmıştır.

**Çizelge 4.43.**  $S_{16}$  örneği için boyut değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 1.42937500 | 717.68** |
| Hata                 | 6    | 0.00199167 |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

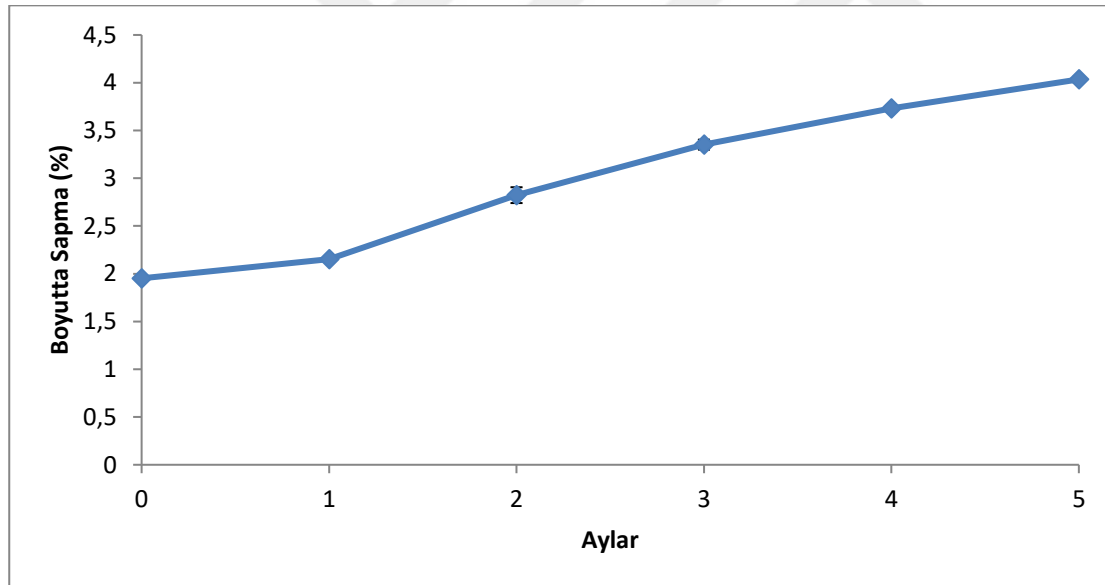
Görüntüleme yazılımı ile boyut taraması sonuçları üzerinde üç farklı değişkenin istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Tek uygulama grubundaki levrek etinin dondurularak depolama süresince boyutta sapma değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.44’te belirtilmiştir.

**Çizelge 4.44.**  $S_{16}$  örneği için boyutta sapma değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Boyutta Sapma Değerleri (%) |
|-----------------|-----------------------------|
| 0. Ay           | 1.945±0.008 f               |
| 1. Ay           | 2.150±0.016 e               |
| 2. Ay           | 2.820±0.082 d               |
| 3. Ay           | 3.345±0.052 c               |
| 4. Ay           | 3.725±0.031 b               |
| 5. Ay           | 4.030±0.029 a               |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Üretimi yapılarak depolama boyunca takibi gerçekleştirilen  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 ürünüde depolamanın başlangıcında tespit edilen boyutta sapma %1.952±0.008'dir. Depolama süresince ürünün boyutunda önemli ( $p<0.01$ ) düzeyde artış meydana gelerek 5.ayın sonunda %4.03±0.02 değeri ile depolama tamamlanmıştır (Şekil 4.47).



**Şekil 4.47.** Boyutta sapma değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

#### 4.2.5.2. Depolama süresince ortaya çıkan gözenek taraması bulguları

Gözenek taraması değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel açıdan araştırılmış ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.45'te aktarılmıştır.

**Çizelge 4.45.**  $S_{16}$  örneği için gözenek değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 0.64625333 | 300.58** |
| Hata                 | 6    | 0.00215000 |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının görüntüleme yazılımı ile gözenek taraması sonuçları üzerinde istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir. Yeniden yapılandırılmış balık ürününün dondurularak depolama süresince sahip olduğu gözenek değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.46'da verilmiştir.

**Çizelge 4.46.**  $S_{16}$  örneği için gözenek değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

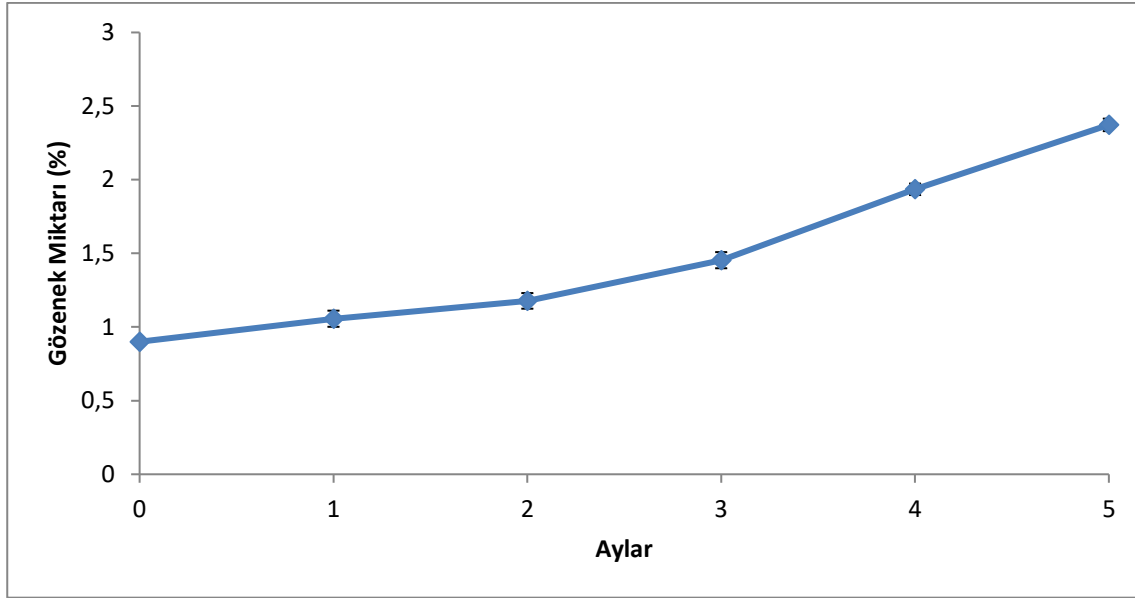
| Depolama Süresi | Gözenek Değerleri (%) |
|-----------------|-----------------------|
| 0. Ay           | 0.895±0.017 f         |
| 1. Ay           | 1.050±0.054 e         |
| 2. Ay           | 1.175±0.053 d         |
| 3. Ay           | 1.450±0.054 c         |
| 4. Ay           | 1.930±0.038 b         |
| 5. Ay           | 2.370±0.042 a         |

$S_{16} = 17.5$  Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Depolama süresinin başlangıcında optimum ürün  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32'ye ait gözenek değeri %0.90±0.01 olup, depolama süresince boyutta meydana gelen artışla birlikte 5. ay sonunda %2.37±0.04 değerine ulaşmıştır (Şekil 4.38).

Literatürde yeniden yapılandırılmış ürünlerin gözenek yapısının değerlendirildiği çalışma sayısına az rastlanılmaktadır. Ancak çalışmamızda MTGaz ve baskılama ağırlığının uygun sürede ürün dokusunu sıkılaştırdığı ve gözenek oranı ile boyutta sapmayı azalttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar TPA ve SEM sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir (Şekil 4.48)

Boyut ve gözenek araştırmaları incelendiğinde bilgisayarla ürünlerin dokularının taranmasının pratik ve düşük maliyetli olduğu, etkisinin ise kalite analizlerini destekleyici yönde olduğu gözlemlenmiştir. Farklı araştırmacılar doku sıkılığı açısından ilave katkı maddelerine ihtiyaç duymuşlardır. Literatürde vurgulanan bu katkı maddeleri arasında MTGaz genellikle ön plana çıkmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada MTGaz, baskılama ağırlığı ve yeniden yapılandırma süresinin ürünlerin dokularında protein ağını teşvik ederek sıkılık oluşturduğu gözlemlenmiştir. Protein ağıının tekstürel özellikleri geliştirmesinin yanı sıra, bu durumun elektron mikroskobu altında da gözlemlenebildiği ve tüm bu bulguların gözenek ve boyut analizlerinde de paralel olarak tespit edildiği vurgulanabilmektedir.



**Şekil 4.48.** Gözenek değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

#### 4.2.6. pH sonuçları

Amonyum, trimetilamin gibi alkali bileşiklerin sayısı mikrobiyal etkiyle birlikte artmakta ve pH değerlerinde değişimler meydana gelebilmektedir. Bir çok canlı balık kasında pH 7.0'a yakındır, ancak ölüm sonrası pH değerleri 6.0 ile 7.1 düzeyinde değişiklik gösterebilmektedir (Kılınc vd. 2007; Özoğul vd. 2016). Balıkların ölümünün hemen sonrasında glikojenin laktik aside dönüşümünün artması ve kaslardaki oksijen miktarının azalması neticesi meydana gelen pH değişimleri ürünün kalitesi belirlenebilmesi açısından önemli bir parametredir (He vd. 2014).

MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi uygulamaları ile üretilen yeniden yapılandırılmış levrek etlerinin  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de dondurularak depolanması süresince pH değerleri belirlenmiştir. Elde edilen pH bulgularına ait veriler istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.47'de belirtilmiştir.

**Çizelge 4.47.**  $S_{16}$  örneği için pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Depolama süresi      | 5    | 0.00744833 | 99.31** |
| Hata                 | 6    | 0.00007500 |         |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

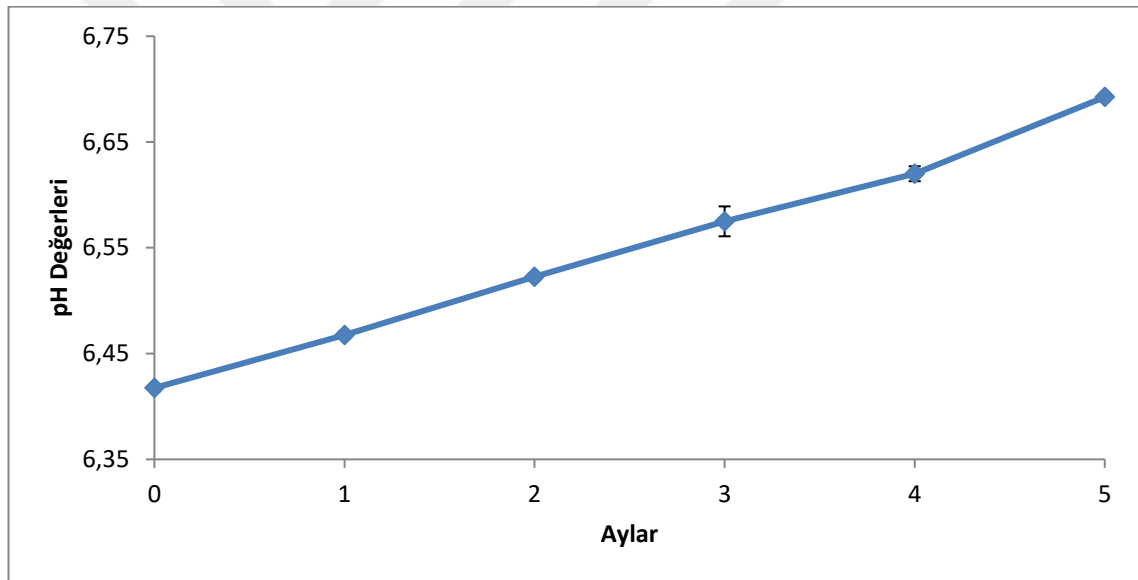
Sonuçlar değerlendirildiğinde, MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının pH değerlerine istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Dondurularak depolama boyunca pH değerleri bakımından Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabii tutulmuş optimum ürünün sonuçları Çizelge 4.48'de verilmiştir.

**Çizelge 4.48.**  $S_{16}$  örneği için pH değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | pH            |
|-----------------|---------------|
| 0. Ay           | 6.415±0.003 f |
| 1. Ay           | 6.465±0.003 e |
| 2. Ay           | 6.520±0.003 d |
| 3. Ay           | 6.570±0.014 c |
| 4. Ay           | 6.615±0.007 b |
| 5. Ay           | 6.690±0.003 a |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

pH değerleri bakımından optimum örneğe ait sonuçlar 0.ayda 6.41±0.003 olarak belirlenmiştir. Depolama süresinin artması ile birlikte pH değerleri de yükselmiş ( $p<0.01$ ) ve depolama süresinin sonunda 6.69±0.003 değerine ulaşmıştır (Şekil 4.49).



**Şekil 4.49.** pH değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Martelo-Vidal vd. (2016b) araştırmalarında beyaz ton balığı (*Thunnus alalunga*) etinin 4°C'de 18 saatte 450 U/kg MTGaz ilavesiyle birlikte ortaya çıkan kalite değişimlerini incelemişlerdir. 4°C'de depolanan örnekler için 0. günde pH oranını 6.14, 5. günde 6.23 ve 12. günde 6.28 olarak tespit etmişlerdir. Su ürünlerinin bozulmasını takiben pH değerlerinin hızla değiştiğini ancak araştırmalarında bu değişimin daha yavaş gerçekleştiğini, bu durumun da MTGaz ile ilişkili olabileceğini vurgulamışlardır.

Farklı %1 MTGaz ve %2 NaCl oranlarının birlikte kullanıldığı istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balıklarının yeniden yapılandırılması çalışmasında, ürünlerin pH değerleri kontrol örneklerinde 6.40±0.02 olarak gözlemlenirken, %0.5 MTGaz+%1 NaCl içeren örneklerde ise 6.09±0.01 bulunmuştur. Aynı çalışmada duyuusal açıdan en iyi kabul edilen ürünün pH değerleri (%1 MTGaz+%2 NaCl) 2±2°C'de depolama süresi

boyunca 0. günde  $6.26 \pm 0.02$  ve 8.günde  $6.54 \pm 0.02$  olarak tespit edilmiştir (Tzikas vd. 2015).

Cardoso vd. (2011a) yılında yaptıkları araştırmada levrek etinden yeniden yapılandırılmış ürünlerde jel oluşumu gözlemlenmesi için 5g/kg oranında MTGaz ilave etmişler ve pH değerlerinde meydana gelen değişimleri takip etmişlerdir. Kontrol örneklerinde  $7.26 \pm 0.05$  olarak tespit ettikleri değeri, MTGaz ilave edilmiş örneklerde ise  $7.24 \pm 0.04$  bulmuşlardır. Benzer şekilde Karayakannakidis vd. (2008) de MTGaz ilave ettiği sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında soğukta depolama süresince pH değerindeki yükselmenin daha az olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmamızda MTGaz içeren örneklerin diğer örneklerle göre daha düşük pH sonuçları elde ettiği belirlenmiştir. Bu duruma ek olarak baskılama ağırlığının da MTGaz ile birlikte kullanılması halinde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Yeniden yapılandırma çalışmaları dışında, su ürünlerinin pH değerleri ile ilgili birçok araştırma bulunmaktadır. Kılinc vd. (2007) yılında yaptıkları araştırmada, çipura ve levrek balıklarının 15 gün boyunca su-buz karışımı buz ve yaprak buz içerisindeki kalite değişimlerini takip etmişlerdir. Her iki balığın pH değeri depolama süresi ile birlikte artış göstermiştir. Benzer şekilde Atlantik uskumru balığı (*Scomber scombrus*, L.) filetolarının 5°C’de 12 gün boyunca depolanması süresince de pH değerinin  $6.20 \pm 0.03$ ’den  $6.54 \pm 0.04$ ’e yükseldiği belirlenmiştir (Otero vd. 2018). Atlantik somon (*Salmo salar*) filetolarında 1°C’de ve pH 6.8–6.9 olan deniz suyu+CO<sub>2</sub> uygulaması ardından analize kadar -80°C’de bekletilmesiyle,  $0.35 \pm 0.59$ °C’de başlangıç pH değeri  $7.35 \pm 0.09$  olarak vurgulanmıştır. Rigor mortisin sonlandığı 4. gün pH değerleri  $6.27 \pm 0.03$  olup, pH değerleri 7.güne kadar düşüşe devam ederek  $6.17 \pm 0.06$ ’ya ulaşmıştır (Lerfall vd. 2015).

Balık etinde bazik bileşiklerin parçalanmasının pH değerini yükselttiği bilinmektedir ve bu duruma bağlı olarak levrek etinde pH seviyesi bir miktar yükselebilmektedir (Özoğul vd. 2016). Levrek balığı etinin yeniden yapılandırılmasını hedefleyen çalışmamıza göre, MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren optimum örnek 17.5 saat yapılandırma süresine tabii tutulmuştur. -18°C’de 5 ay depolanmış örneklerde diğer çalışmalarda vurgulandığı gibi pH artışı gözlemlenmiştir. Literatür araştırmaları doğrultusunda MTGaz ve baskılama ağırlıklarının ürünlerde pH değerini sınırlandırarak raf ömrünün uzun olması yönünde olumlu yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir.

#### **4.2.7. Depolama süresince ortaya çıkan toplam uçucu bazik azot (TVB-N) bulguları**

Trimetilamin, amonyum ve diğer bazik nitrojenik bileşikler, balığın depolanması süresince toplam uçucu bazik azotları (TVB-N) oluşturmaktadır. TVB-N değerlerindeki artış, bakterilerin ve endojen enzimlerin aktivitesiyle bağlantılı olmaktadır. TVB-N depolama süresi ve balıkların bozulması sürecindeki duyuşal değişimlerle de korelasyon göstermektedir.

TVB-N değeri su ürünlerinde bozulma indikatörü olarak değerlendirilmektedir. Taze balıkta 5 ile 25 mg/100 g aralığındadır. Tüketilebilir bir balıkta kabul edilen TVB-N üst limiti 35 mg/100 g olarak bilinmektedir. Türkiye’de “Balıkçılık Ürünlerine Ait

Duyusal Özellikler Ve Toplam Uçucu Bazik Azot Limitleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/73)” gereğince birçok balık türünde TVB-N üst limiti olarak 35 mg/100 g kabul edilmektedir. (Fuentes vd. 2011; Özoğul vd. 2016).

Baskılama ağırlığı, MTGaz ve süre değişkenleri uygulanarak yapılandırılan ürünlerin TVB-N değerlerine ait veriler istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.49’da belirtilmiştir.

**Çizelge 4.49.**  $S_{16}$  örneği için TVB-N değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.        | F         |
|----------------------|------|-------------|-----------|
| Depolama süresi      | 5    | 156.5353750 | 1002.68** |
| Hata                 | 6    | 0.1531250   |           |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

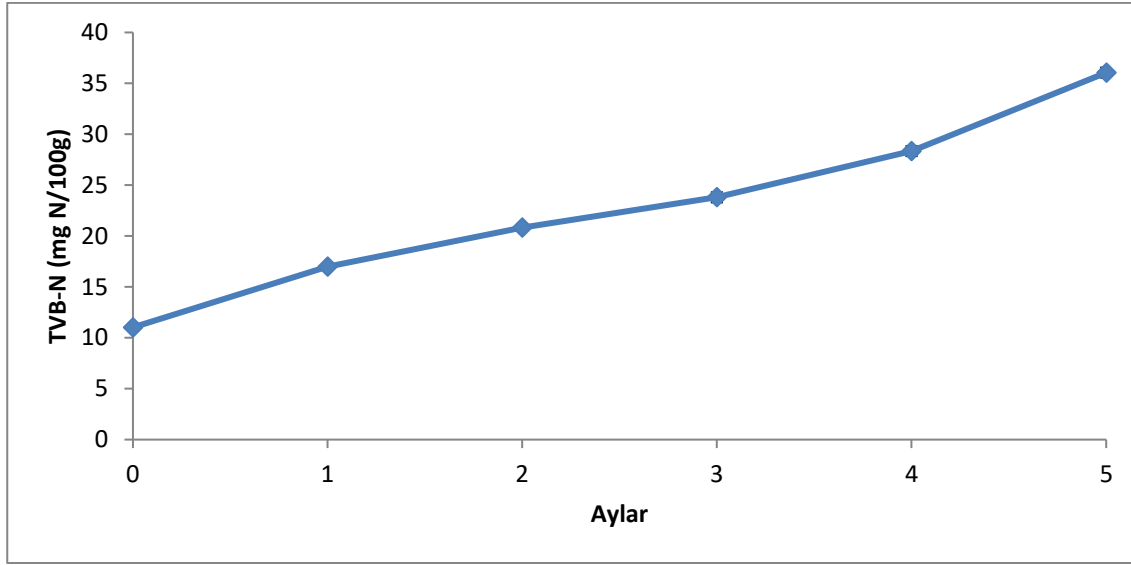
MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının TVB-N değerlerine istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Dondurularak depolama boyunca TVB-N bulguları bakımından takip edilen optimum ürün, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.50’de verilmiştir.

**Çizelge 4.50.**  $S_{16}$  örneği için TVB-N değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | TVB-N (mg/100g) |
|-----------------|-----------------|
| 0. Ay           | 11.025±0.247 f  |
| 1. Ay           | 16.975±0.247 e  |
| 2. Ay           | 20.825±0.247 d  |
| 3. Ay           | 23.800±0.494 c  |
| 4. Ay           | 28.350±0.494 b  |
| 5. Ay           | 36.050±0.494 a  |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Depolama süresinin başlangıcında TVB-N değeri 11.02±0.247 mg/100g bulunmuştur. Her bir depolama periyodunda tespit edilen TVB-N değeri istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) farklılıklar göstermiştir. Depolama süresinin sonunda kabul edilen 35 mg/100g sınır değerini çok az bir farkla (36.05±0.49 mg/100g) aşmıştır (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. TVB-N değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

MTGaz ilave edilerek yeniden yapılandırılmış su ürünlerine yönelik sınırlı sayıda çalışma olup, gerçekleştirilen bu çalışmalar da ağırlıklı olarak yapı, tekstür üzerinde durulmuş ve depolama çalışmalarına çok yer verilmemiştir. Su ürünlerinin bozulması ile direkt ilişkilendirilen TVB-N analizinin, MTGaz enzimi ve yeniden yapılandırma ile ilişkilendirilerek tartışılacağı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Aşağıda belirtilen çalışmalar su ürünlerinin depolanması sırasında TVB-N değerinde meydana gelen değişimlere yönelik bildirimlerdir.

Özoğul vd. (2016) çalışmalarında  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan levrek balığının  $20.8\pm 1.0$  mg/100g olan TVB-N değerinin 8.günde  $36.2\pm 1.3$  mg/100g'a ulaştığını belirlemiştir. Fuentes vd. (2011) araştırmalarında dumanlanmış levrek balığı etinin %100 NaCl veya %50 NaCl+%50 KCl ile 18 saat dinlendirilmesiyle  $4^{\circ}\text{C}$ 'de TVB-N değerleri için 12.6 mg/100g ve 11.8 mg/100g olduğunu vurgulamışlardır. Papadopoulos vd. (2003) araştırmalarında, levrek balığının  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanması halinde TVB-N değerinin 16.günde  $35.95\pm 0.49$  mg/100g olduğunu gözlemlemişlerdir.

Kılınc vd. (2007) çipura ve levrek balıklarını 15 gün boyunca su-buz karışımı ve yaprak buz içerisinde bekletmiştir. En yüksek TVB-N verileri yaprak buzda dinlendirilen ve 13.günde  $38.6\pm 0.5$  mg/100g olarak gözlemlenen levrek balıklarına ait bulunmuştur. Çipura balığı için ise 13. günde  $36.0\pm 0.00$  mg/100g tespit edilmiştir. Çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları ile yapılan başka bir çalışmada balıklar  $4.15\pm 1.12^{\circ}\text{C}$ 'de 18.gün depolanmasının sonucunda sırasıyla  $41.089\pm 1.35$  mg/100g ve  $39.899\pm 1.53$  mg/100g TVB-N değerine ulaşmıştır (Cakli vd. 2007).

Calanche vd. (2019) çipura balığını fileto, iç organları temizlenmiş ve bütün olarak buz içerisinde 18.gün bekletmiştir. TVB-N değerlerini sırasıyla 86.2 mg/100g, 36.5 mg/100g ve 32.0 mg/100g olarak belirtilmiştir.

Literatür çalışmaları doğrultusunda depolama süresince TVB-N miktarlarında meydana gelen artışın ürünlerin depolama şartları ve süresi, işleme yöntemi, ilave edilen katkı maddeleri, pH dalgalanması, duyuşal değişimler ve mikrobiyal aktivite gibi birçok parametreye bağlı olarak değiştiği gözlemlenmektedir (Kılınç vd. 2007; Özoğul vd. 2016). Gerçekleştirilen tez çalışmasında yeniden yapılandırılan balık etlerinin TVB-N bulgularının TPA ve pH sonuçlarıyla paralellik gösterdiği belirlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığının ürünün dokusunu sıkılaştırarak TVB-N artışını yavaşlattığı ve tüketilebilirlik limit değerine 5.ayda ulaştığı belirlenmiştir.

#### 4.2.8. Depolama süresince ortaya çıkan su aktivitesi bulguları

Yeniden yapılandırılmış levrek etlerine MTGaz, baskılama ağırlığı ve süre uygulaması sonrasında ürünlerin depolanması ile ortaya çıkan su aktivitesi değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.51’de verilmiştir.

**Çizelge 4.51.**  $S_{16}$  örneği için su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Depolama süresi      | 5    | 0.00098215 | 33.96** |
| Hata                 | 6    | 0.00002892 |         |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

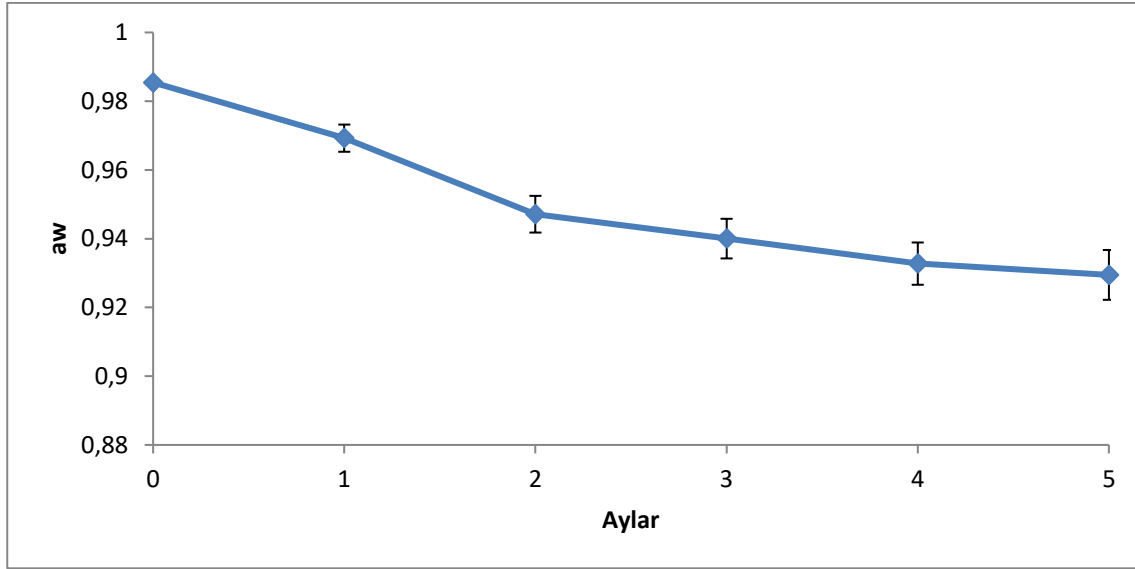
MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının su aktivitesi değerlerine istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Üretilen serilerdeki levrek etleri dondurularak depolama boyunca su aktivitesi değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabii tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir.

**Çizelge 4.52.**  $S_{16}$  örneği için su aktivitesi değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Su Aktivitesi (aw) |
|-----------------|--------------------|
| 0. Ay           | 0.985±0.000 a      |
| 1. Ay           | 0.969±0.003 b      |
| 2. Ay           | 0.946±0.005 c      |
| 3. Ay           | 0.939±0.005 dc     |
| 4. Ay           | 0.932±0.006 d      |
| 5. Ay           | 0.929±0.007 d      |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Depolaması takip edilen optimum tek örnek olan  $S_{16}$  için su aktivitesi 0. ayda 0.9854±0.00 değeri tespit edilirken, 5.ayda bu değer 0.9294±0.00’a gerilemiştir. Özellikle depolamanın son iki ayında su aktivitesi değerlerindeki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 4.51).



**Şekil 4.51.** Su aktivitesi değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarının bütün halde  $4.15 \pm 1.12$  °C’de buz içerisinde depolandığı bir çalışmada su aktivitesi (aw) levrek balığında  $0.996 \pm 0.00$  ile başlamış ve 18. günde  $0.998 \pm 0.00$  olarak belirlenmiştir. Çipura için aw değeri ise  $0.998 \pm 0.00$  olarak başlarken 18. günde  $0.998 \pm 0.00$  olarak sonuçlanmıştır. Her iki balığın su aktivitesi değerinde ciddi bir değişim gözlenmemiştir (Cakli ve Kilinc 2007).

Ürünlerin çözünen-su ilişkisinin ve sahip olduğu protein ağının su aktivitesini etkilediği bilinmektedir. Yeniden yapılandırılmış ürünlerde yapılandırma süresi, çözünen oranı ve yapılandırma sıcaklığının da en uygun seviyede olmasının bu durumu değiştirdiği ve ürünlerde bozulmaya yol açan enzimatik-mikrobiyal reaksiyonları yavaşlatarak raf ömrünü uzattığı çeşitli araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Andres-Bello vd. 2011; Juarez-Enriquez vd. 2019; Martelo-Vidal vd. 2016b). Çalışmamızda MTGaz ve baskılama ağırlığı uygulamalarının uygun süreyle birlikte yapılandırma işleminde kullanılmasının ürünlerin su aktivitesinde azalma meydana getirdiği tespit edilmiştir. Bu durumun depolama süresince devam ettiği gözlemlenmiştir.

#### 4.2.9. Depolama süresince ortaya çıkan totox değerleri bulguları

Lipid oksidasyonu çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olan su ürünlerinde raf ömrünü sınırlayan önemli etmenlerden biri olabilmektedir. Oksidasyon ve kısmen de olsa hidrolize bağlı olarak meydana gelen yıkım ürünlerinin koku ve lezzette ransit özellikleri oluşturduğu çeşitli araştırmalarda vurgulanmaktadır. Lipid oksidasyonu 0°C ve altındaki depolama şartlarında dahi önemli kalite sorunları yaratabilmektedir. Balığın ölümünün hemen ardından, endojen enzim aktivitesine bağlı olarak yağ asitleri değişikliğe uğramakta ve mikrobiyal aktivitenin baskın hale gelmesiyle birlikte ürünün bozulma ivmesi de artmaktadır (Gomez-Guillen vd. 2005; Kılinc vd. 2007; Özoğul vd. 2016; Otero vd. 2018).

Totox değeri lipid oksidasyonunun bir göstergesi olup, birincil oksidasyon ürünlerinden peroksit değeri ile ikincil oksidasyon ürünlerinden para-anisidin değeri bulgularına dayandırılmaktadır. Literatürde ikincil oksidasyon ürünleri için çeşitli araştırmacılar tarafından 1-2  $\mu\text{mol/g}$  lipid miktarının yeterli olduğu, totox değeri içinse 19.5 meq/kg limitinin bulunduğu vurgulanmaktadır (Can ve Çoban 2012). Totox değeri olarak bilinen (toplam oksidasyon değeri) CRN (The Council for Responsible Nutrition=Uluslararası Beslenme Konseyi) tarafından su ürünlerinin yağ oksidasyon oranının belirlenmesi ve buna bağlı olarak kalite durumunun değerlendirilmesi için 19.5 meq/kg limiti ile standarta bağlanmıştır (Korkut vd. 2007; Raeisi vd. 2016; Rodriguez-Turienzo vd. 2013).

Balık etinin MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve süre uygulaması ile yeniden yapılandırılmasının ardından ortaya çıkan üründe lipid oksidasyonunun depolama süresince takip edilmesi amacıyla totox analizi yapılmıştır. Totox değeri bulguları istatistiksel olarak incelenmiştir (Çizelge 4.53).

**Çizelge 4.53.**  $S_{16}$  örneği için totox değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 56.3037550 | 802.71** |
| Hata                 | 6    | 0.0701417  |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

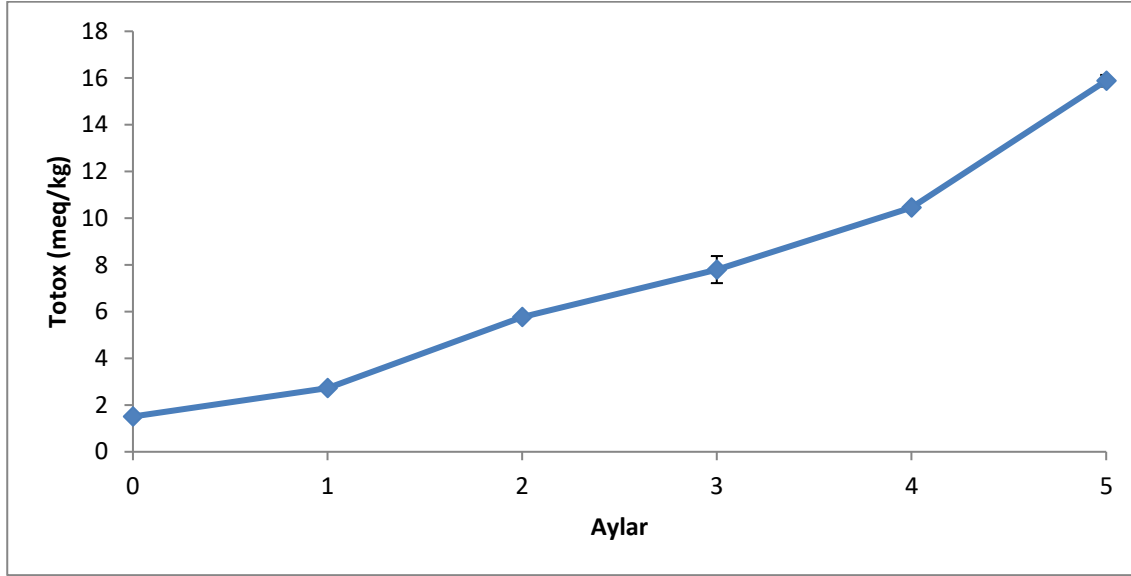
Totox değerinin MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı uygulamalarından istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) derecede etkilendiği gözlemlenmiştir. Ürünün dondurularak depolanması süresince elde edilen totox değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabi tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.54'te verilmiştir.

**Çizelge 4.54.**  $S_{16}$  örneği için totox değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Totox değeri (meq/kg) |
|-----------------|-----------------------|
| 0. Ay           | 1.500 $\pm$ 0.084 f   |
| 1. Ay           | 2.710 $\pm$ 0.424 e   |
| 2. Ay           | 5.760 $\pm$ 0.084 d   |
| 3. Ay           | 7.790 $\pm$ 0.057 c   |
| 4. Ay           | 10.450 $\pm$ 0.084 b  |
| 5. Ay           | 15.875 $\pm$ 0.248 a  |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56  $\text{gf/cm}^2$ -%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Totox değeri açısından ortaya çıkan sonuçlara göre depolamanın başlangıcında  $1.50 \pm 0.08$  meq/kg olan değerler sürenin artması ile birlikte önemli ( $p < 0.01$ ) derecede artış göstermiş ve 5. ayda  $15.88 \pm 0.24$  meq/kg değerine ulaşmıştır. Totox değeri için tüketilebilir limitin 19.5 meq/kg olduğu bilinmekte olup, depolama süresinin sonuna gelindiğinde sınır değerin aşılmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.52).



Şekil 4.52. Totox değerlerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Su ürünleri ile gerçekleştirilen bazı çalışmalarda lipid oksidasyonuna ait bulgular Çizelge 4.55'te derlenmiştir.

**Çizelge 4.55.** Yeniden yapılandırılmış ürünlerin lipid oksidasyonu tartışmaları

| Araştırmacı                   | Balık türü                                                                         | Katkı maddeleri                                                                                                                                                               | İşleme yöntemi                                                                                                                   | Analiz Sonuçları                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Björkevoll vd. (2017)         | Atlantik morina ( <i>Gadus morhua</i> L.)                                          | Filetolara 180 g/L NaCl+ 0, 4.5, 9 veya 18 g Carnal 2110/L enjeksiyonu.                                                                                                       | -30°C'de 3 ay depolama.                                                                                                          | <b>Peroksit: Kontrol:</b> 306.7 meq/kg, <b>0 g/l:</b> 31.5 meq/kg, <b>4.5 g/l:</b> 24.8 meq/kg, <b>9g/l:</b> 35.5 meq/kg, <b>18 g/l:</b> 23.7 meq/kg.<br><b>TBARS: Kontrol:</b> 9.4 MDA/kg, <b>0 g/l:</b> 48.7 MDA/kg, <b>4.5 g/l:</b> 39.7 MDA/kg, <b>9g/l:</b> 4.1 MDA/kg, <b>18 g/l:</b> 2.3 MDA/kg depolama sonucu. |
| Raeisi vd. (2016)             | Gökkuşluğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )                                | Fileto balığa: Un, nişasta, galeta, kabartma tozu, sodyum klorid ile birlikte: <b>A:</b> %1.5 soğan, <b>B:</b> %1.5 carom tohumu <b>C:</b> %3soğan, <b>D:</b> %3 carom tohumu | 180°C'de 1 dk yağda ısıtıl işlem sonrası 4°C'de 15 gün depolama.                                                                 | <b>Peroksit (20 meq/kg limit değere):</b> <b>A:</b> 6.günde, ve <b>B:</b> 9.günde, <b>C:</b> 12.günde, <b>D:</b> 15.günde limit değerlere ulaşmıştır.                                                                                                                                                                   |
| Özoğul vd. (2016)             | Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )                                             | Farklı oranlarda ayçiçek, fındık, kanola, soya, mısır ve zeytinyağlarından oluşturulan nanoemülsiyonlar                                                                       | Nanoemülsiyonların levrek filetosuna uygulanması.                                                                                | En düşük peroksit değeri: $2.95 \pm 0.31$ ile fındık yağında, en yüksek peroksik değeri: $5.03 \pm 0.11$ zeytinyağında tespit edilmiştir.                                                                                                                                                                               |
| Rodriguez-Turienzo vd. (2013) | Atlantik somon ( <i>Salmo salar</i> )                                              | %1 MTGaz, (Whey protein konsantratu veya Whey protein izolatu), gliserol ve NaOH ile kaplama solüsyonu.                                                                       | 80°C'de 30 dk ısıtıl işlem+30 dk 35khz ultrasonik uygulama. Solüsyonla kaplanan ve kontrol örnekleri için -10°C'de 4 ay depolama | <b>Peroksit:</b> Konsantrat: Kontrol: $18.63 \pm 1.29$ , ısıtıl işlem: $14.85 \pm 0.8$ , ısıtıl işlem+MTGaz: $13.03 \pm 2.95$ , Ultrasonik: $13.95 \pm 2.75$ , Ultrasonik+MTGaz: $15.38 \pm 2.79$ . İzolat içinse en düşük veriler ısıtıl işlem +MTGaz örneklerinde : $15.05 \pm 3.79$                                  |
| Moreno vd. (2010a)            | Alabalık ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) ve Berlam ( <i>Merluccius merluccius</i> ) | Kontrolde %5 su. Diğerlerinde %1 MTGaz, %1.5 NaCl, %1.5 Sodyum kazeinat ve %5 su                                                                                              | Yeniden yapılandırma ve 6 gün 4°C'de depolama                                                                                    | <b>Alabalık Peroksit:</b> 1.gün: $0.91 \pm 0.04$ meq/kg, 6.günde ise $13.04 \pm 1.98$ meq/kg.<br><b>Berlam Peroksit:</b> 1.gün $0.027 \pm 0.001$ meq/kg, 6.günde ise $0.273 \pm 0.11$ meq/kg                                                                                                                            |
| Fattouch vd. (2008)           | Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )                                                | Su ilave edilmiş kontrol örneklerinin yanı sıra, 1/5 ve 1/10 oranlarında ayva ekstraktı                                                                                       | +4°C'de ve -80°C'de 11 gün depolama                                                                                              | <b>Peroksit:</b> -80°C'de 11.gün $<2$ meq/kg. +4°C'de 11.gün <b>Kontrol:</b> 14 meq/kg. 1/5 ayva ekstraktı: 5 meq/kg, 1/10 ayva ekstraktı 8-10 meq/kg.                                                                                                                                                                  |
| Gomez-Guillen vd. (2005)      | İstavrit balığı ( <i>Trachurus spp.</i> )                                          | %1.5 kitozan, %2 MTGaz içerikli istavrit kıymaları                                                                                                                            | 300 MPa, 25°C, 15 dk yüksek basınç ve 25°C'de 2 saat yapılandırma, +4°C'de 18 saat bekletme                                      | Kitozan ve MTGaz ilavesinin örneklerde lipid oksidasyonu oranını azalttığı vurgulanmıştır.                                                                                                                                                                                                                              |

Mikrobiyal ve endojen enzimlerin aktivitesiyle lipidlerde meydana gelen bozulma artabilmekte ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyona eğilimleri neticesinde uçucu bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır. Birincil oksidasyon ürünlerinin (hidroperoksitler) kararsızlığı ikincil oksidasyon ürünlerini de tetiklemektedir (Özoğul vd. 2016). Ayrıca lipid oksidasyonunun ileri aşamalarında hidroperoksitlerin parçalanması düşük moleküler ağırlıklı karbonil ve alkol bileşiklerini ortaya çıkartarak kötü koku ve lezzete sebep olmaktadır (Özoğul vd. 2016; Otero vd. 2018). Gomez-Guillen vd. (2005) ve An vd. (2018) araştırmalarında MTGaz kullanılan ürünlerin TBARS sonuçlarında kontrole göre daha düşük seviyeler elde edildiğini vurgulanmıştır. Bu durumun sebepleri olarak (i) MTGaz'ın protein polimerizasyonu sağlayarak ürün dokusunu sıkılaştırması ve ürün içerisine oksijen girişini kısıtlaması ve (ii) lipid oksidasyon ürünlerinin MTGaz katkılı jel oluşumu sırasında proteinlerle reaksiyona girerek kısmen etkisiz hale gelmesi şeklinde iki önemli maddeyle vurgulanmıştır. Bunlara ek olarak literatürde yer alan çalışmalarda MTGaz'ın su içerisinde yağ emülsiyonlarını oluşturan nitelikleri %30 oranında arttırdığı vurgulanmaktadır (Anuradha ve Prakash 2009; Ahmadi vd. 2017; Wang vd. 2019; Feng vd. 2019). Bu çalışmaların vurguladığı noktalara göre; araştırmamızda SEM fotoğrafları, TPA sonuçları ve totok verileri kıyaslandığında paralellik bulunmaktadır.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında MTGaz ve baskılama ağırlığı uygun sürede yapılandırma işlemini gerçekleştirmiş ve literatürde bahsedilen aşamalara benzer şekilde reaksiyonlarla ürün dokusunun sıkılaştığı, özellikle toplam serbest amino asit, SEM ve TPA analizleri ile de desteklenmiştir. Üretilen yeniden yapılandırılmış optimum örnek depolama süresi boyunca oksidasyona uğramış ancak 5.ay sonunda  $15.88 \pm 0.24$  meq/kg seviyesinde ( $<19.5$  meq/kg limit) raf ömrünü tamamlamıştır. Buna göre MTGaz ve baskılama ağırlığı parametrelerinin uygun sürede ürünün yapısını sıkılaştırarak oksidasyonu baskıladığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Farklı araştırmacıların da vurguladığı gibi optimum üründe yer alan MTGaz, baskılama ağırlığı ve uygun süre uygulaması ürünlerin daha sıkı dokuya sahip olmasını sağlayarak oksijen girişini kısıtlamış olabilmektedir. Bu parametrelerin uygulanması ile protein polimerizasyonu gerçekleşerek oksidasyon ürünlerinin bağlanmasını teşvik edilmiştir. Elektron mikroskobu sonuçlarında emülsiyon taneciklerinin ve protein ağıının varlığı net olarak gözlemlenebilmektedir. MTGaz uygulamasının genellikle emülsiyon taneciklerini su içerisinde yağ emülsiyonu şeklinde meydana getirdiği düşünüldüğünde, bu durumun lipidlerin oksidasyondan korunmasını teşvik ettiği de yorumlanabilmektedir.

#### 4.2.10. Depolama süresince ortaya çıkan renk ölçümü bulguları

Nitel renk gözlemine kıyasla, nicel olarak gerçekleştirilen gözlemler daha etkili sonuç verebilmektedir. RGB (red-green-blue), CMYK (Cyan-magenta-yellow-key) ve CIELAB ( $L^*$ = karanlık (0) ila aydınlık (100) arası,  $a^*$ = yeşil (-) ve kırmızı (+),  $b^*$ = mavi (-) ve sarı (+) renk parametreleri ise niceldir. İnsan hatalarından uzak ve matematiksel değerleri kapsamaktadır. Ayrıca, ölçümler için elde edilecek değerlerin sabit bir ışık kaynağı altında olması da bu durumu avantajlı kılmaktadır. Gıdaların kalitesinin takibinin yapılması amacıyla renk ölçümlerinin nicel olarak gerçekleştirilmesi, tüketiciler ile tedarikçilerin ürünlere güveni açısından önemlidir.

Renk gıda ürünlerinde su tutma kapasitesi, renk pigmentleri, bakteriyel aktivite, protein içeriği gibi kimyasal özelliklere göre değişebilmektedir.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk ölçümü genel olarak et ve sebzelerin renklerini ölçmek için kalibrasyonu yapılmış cihazlar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir (Huang vd. 2011; Neuhauser ve Handler 2013; Sharifzadeh vd. 2014; Vodyanitskii ve Savichev 2017).

Lipid oksidasyonu ürünlerde renk değişimini ortaya çıkartabilmektedir. Renk değişimi, enzimatik olmayan kararma reaksiyonları otolize bağlı olarak proteinlerde bulunan aminlerde veya lipid oksidasyon ürünlerinin ortaya çıkmasıyla gerçekleşebilmektedir. Bu durumda su ürünlerinde depolama şartlarında beyazlığın azalması kararma olarak ortaya çıkabilmektedir. Et ürünlerinde içerisinde miyoglobinin miktarının yüksek olması neticesinde (dana eti, palamut, uskumru vb.) miyoglobin otooksidasyon ile ferrik forma ya da metimiyoglobine dönüşebilmektedir, dolayısıyla kahverengimsi renk ortaya çıkabilmektedir (Baumard ve Benjakul 2019).

#### 4.2.10.1. Depolama süresince ortaya çıkan $L^*$ değeri bulguları

Balık etinin yeniden yapılandırılması sonucunda ortaya çıkan ürünlerin  $4\pm 2^\circ\text{C}$ 'de yapılandırılması ve  $-18^\circ\text{C}$ 'de dondurularak depolanması ile  $L^*$  değerlerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.56'da verilmiştir.

**Çizelge 4.56.**  $S_{16}$  örneği için  $L^*$  değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.        | F        |
|----------------------|------|-------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 123.9104950 | 157.19** |
| Hata                 | 6    | 0.7882917   |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

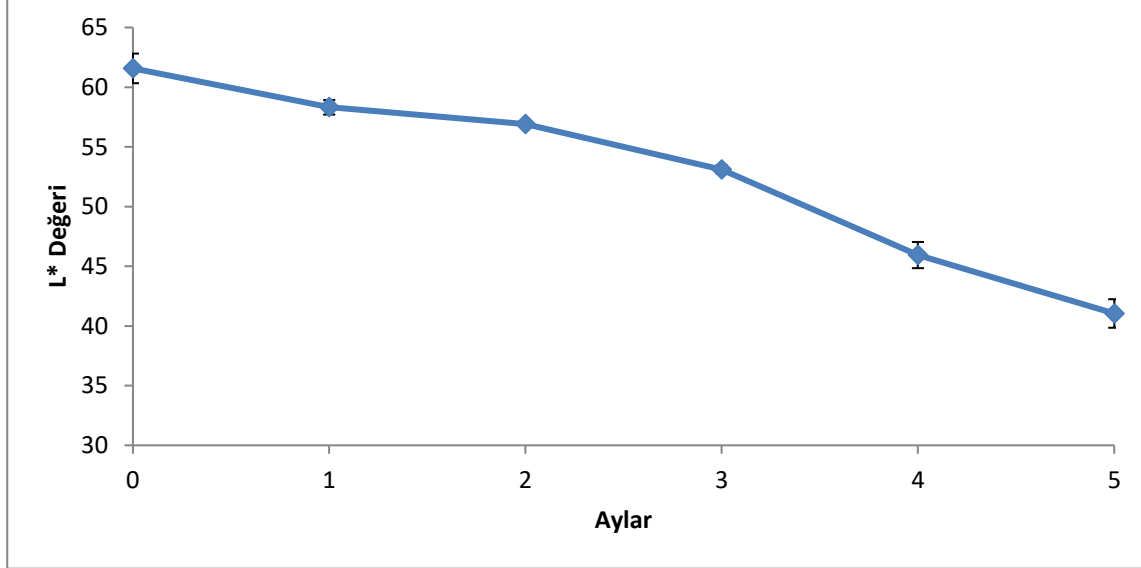
Değerlendirme sonuçlarına göre, MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı uygulamalarının  $L^*$  değerlerine istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ürünün dondurularak depolanması süresince  $L^*$  değerleri bakımından Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne ait sonuçları Çizelge 4.57'de verilmiştir.

**Çizelge 4.57.**  $S_{16}$  örneği için  $L^*$  değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | $L^*$                |
|-----------------|----------------------|
| 0. Ay           | 61.570 $\pm$ 1.239 a |
| 1. Ay           | 58.315 $\pm$ 0.611 b |
| 2. Ay           | 56.915 $\pm$ 0.180 b |
| 3. Ay           | 53.100 $\pm$ 0.353 c |
| 4. Ay           | 45.935 $\pm$ 1.096 d |
| 5. Ay           | 41.040 $\pm$ 1.196 e |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Ürünün 0. ayda  $61.57 \pm 1.23$  olan  $L^*$  değeri, birinci ve ikinci ay örneklerinde istatistiksel olarak fark yaratmamıştır. Depolama süresinin artması ürünün parlaklığında azalmaya neden olmuş ve  $L^*$  değeri hızla 5. ayda  $41.04 \pm 1.196$  değerini almıştır (Şekil 4.43).



Şekil 4.53.  $L^*$  değerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Castillejos vd. (2017) araştırmalarında farklı katkı maddeleri ve işleme metotlarının ürünlerin parlaklığında değişikliğe sebebiyet verdiğini belirtmişlerdir. Literatür derlemesinde sunulan diğer araştırmacılar da benzer şekilde balık türleri, çeşitli katkı maddeleri veya ürünlerin formlarından dolayı ürünlerin renk değerlerinde değişim olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu nedenle her çalışmanın kendi içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir (Cardoso vd. 2011a; Moreno vd. 2013). Ramirez vd. (2006) araştırmalarında (*Cyclopsetta chittendeni*) etinin yeniden yapılandırılması sırasında kontrol örneklerinin  $L^*$  değerinin %10 tuz ilaveli örnek için  $78.4 \pm 1.2$  ve %20 tuz ilaveli örnek için  $77.0 \pm 0.4$  olarak ifade etmişlerdir. Ayrıca 3 g/kg MTGaz ilave ettikleri örneklerin ise  $L^*$  değerinin %10 tuz içeren örnekte  $75.7 \pm 1.5$  ve %20 tuz içeren örnekte  $71.5 \pm 1.1$  olduğunu tespit etmiş ve MTGaz ilavesiyle  $L^*$  değerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Luo vd. (2020) MTGaz kullanımı ile çapraz bağlanmaların artması halinde  $L^*$  değeri gibi beyazlık değerinin azaldığını vurgulamışlardır.

Martelo-Vidal vd. (2016b) araştırmalarında optimum ürün olarak belirledikleri 450 U/kg MTGaz ve 18 saat yapılandırma uygulamasının en düşük  $a_w$  ve renk parametrelerini ortaya çıkarttığını vurgulamışlardır. Chanarat ve Benjakul (2013) ile Uresti vd. (2003) MTGaz'ın proteinler arası çapraz bağlanmayı tetikleyerek ürünlerde dokunun sıkılaştığını, ışığı absorbe ve ettiğini ürünlerde koyu rengin ortaya çıktığını vurgulamıştır. Taze balığın görünüşünün parlak ve şeffaf durumdan mat ve donukluğa evrildiği çeşitli araştırmacılarca ortaya konulmuştur (Gökoğlu 2002; Karayakannakidis vd. 2008; Molina vd. 2014). Araştırmamızda MTGaz ve baskılama ağırlığı sayesinde uygun sürede yapılandırılan ürünlerin formunun literatürdeki ürünlerden farklı olmasının yanı sıra dokunun sıkı hale geldiği TPA ve SEM analizlerinde tespit edilmiştir. Araştırmamızda da sıkılaştıran dokunun ışığın girişini azaltmasını takiben  $L^*$

değerinde depolamada meydana gelen kalite kaybıyla birlikte azalma meydana gelmiştir.  $L^*$  değeri açısından tartışma bulguları ise Çizelge 4.58’te verilmiştir.



Çizelge 4.58. Yeniden yapılandırılmış ürünlerin L\* değeri tartışmaları

| Araştırmacı               | Balık türü                                                                         | Katkı maddeleri                                                                                           | İşleme yöntemi                                                                                      | L* sonuçları                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Castillejos vd. (2017)    | Kefal balığı ( <i>Mugil labrosus</i> )                                             | 0.3 U/g MTGaz+%2 NaCl                                                                                     | 90°C/15dk+50°C/30dk                                                                                 | <b>Kontrol:</b> 62.94±2.31, <b>MTGaz:</b> 63.34±3.17                                                                                                                                                                                               |
| Martelo-Vidal vd. (2016b) | Beyaz ton balığı ( <i>Thunnus alalunga</i> )                                       | 450 U/kg MTGaz                                                                                            | 4°C'de 18 saat yeniden yapılandırma                                                                 | 63.73 ila 70.34 aralığında tespit edilmiştir                                                                                                                                                                                                       |
| Moreno vd. (2013)         | Berlam balığı ( <i>Merluccius capensis</i> )                                       | %0.1 Kalsiyum klorid, %1.5 sodyum klorid, %0.8 mısır nişastası %0.5 MTGaz+%1.5 NaCl veya %1 MTGaz+%4 NaCl | Yeniden yapılandırma, 5°C'de 21 günlük depolama                                                     | <b>1.gün:</b> 69.91±1.55, <b>21.gün:</b> 71.71±1.29                                                                                                                                                                                                |
| Cardoso vd. (2011a)       | Levrek balığı ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )                                      | 5 g/kg MTGaz, Swe, Carragenan, beyaz karbonhidrat tozları                                                 | Yeniden yapılandırma                                                                                | <b>Kontrol:</b> 72.9±0.9, <b>MTGaz:</b> 72.9±0.3                                                                                                                                                                                                   |
| Moreno vd. (2010a)        | Alabalık ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) ve Berlam ( <i>Merluccius merluccius</i> ) | Kontrolde %5 su. Diğerlerinde %1 MTGaz, %1.5 NaCl, %1.5 Sodyum kazeinat ve %5 su                          | Yeniden yapılandırma ve 6 gün 4°C'de depolama                                                       | <b>Alabalık kontrol:</b> 1.gün: 58.36±0.89, 6.gün: 58.50±0.33, <b>Berlam Kontrol:</b> 1.gün: 68.12±0.65, 6.gün: 69.01±1.19, <b>Alabalık MTGaz:</b> 1.gün: 60.35±0.94, 6.gün: 63.39±0.83, <b>Berlam MTGaz:</b> 1.gün: 69.01±1.19, 6.gün: 69.26±1.06 |
| Tammatina vd. (2007)      | Beyaz karides ( <i>Penaeus vannamei</i> )                                          | 0 U/g, 0.2 U/g, 0.4 U/g, 0.6 U/g ve 0.8 U/g MTGaz + % 2.5 NaCl                                            | Yapılandırma süresi ve sıcaklığı uygunlanmamış kontrol. 25°C'de 2 saat veya 40°C'de 30 dk uygulama. | <b>Kontrol:</b> 66.80±0.33 ile 69.10±0.64 aralığı <b>25°C'de 2 saat:</b> 71.72±0.46 ile 72.42±0.34 aralığı <b>40°C'de 30 dk:</b> 70.73±0.48 ile 71.85±0.17                                                                                         |
| Cakli vd. (2007)          | Çipura ( <i>Sparus aurata</i> ) ve Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )          | -                                                                                                         | 4.15±1.12 °C'de buz içerisinde 18 gün depolama.                                                     | <b>Levrek 1.gün:</b> 60.28±1.24, <b>Çipura 1.gün:</b> 56.31±1.12 <b>Levrek 18. gün:</b> 54.27±1.12, <b>Çipura 18.gün:</b> 49.54±0.22                                                                                                               |
| Kılinc vd. (2007)         | Çipura ( <i>Sparus aurata</i> ) ve Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )          | -                                                                                                         | 15 gün boyunca su buz karışımı veya yaprak buzda muhafaza                                           | <b>Levrek su-buz:</b> 1.gün 52.45±2.40, 15.gün 68.54±3.40, <b>Levrek yaprak buz:</b> 1.gün 50.88±2.6, 15.gün 62.31±1.4. <b>Çipura su-buz:</b> 1.gün 53.85±2.1, 15.gün 66.51±2.0 <b>Çipura yaprak buz:</b> 1.gün 50.28±2.0, 15.gün 61.10±2.60       |
| Uresti vd. (2003)         | Kedi balığı ( <i>Cyclopsetta chittendeni</i> )                                     | %0.3 MTGaz                                                                                                | 40°C 60 dk+90°C 15dk ısıtma işlemi                                                                  | <b>Kontrol:</b> 80.9±5.6 <b>MTGaz:</b> 53.3±1.4                                                                                                                                                                                                    |

#### 4.2.10.2. Depolama süresince ortaya çıkan a\* değeri bulguları

İstatistiksel değerlendirmeleri gerçekleştirilen depolama grubunun a\* değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.59’da verilmiştir

**Çizelge 4.59.**  $S_{16}$  örneği için a\* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 2.04931333 | 106.27** |
| Hata                 | 6    | 0.01928333 |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

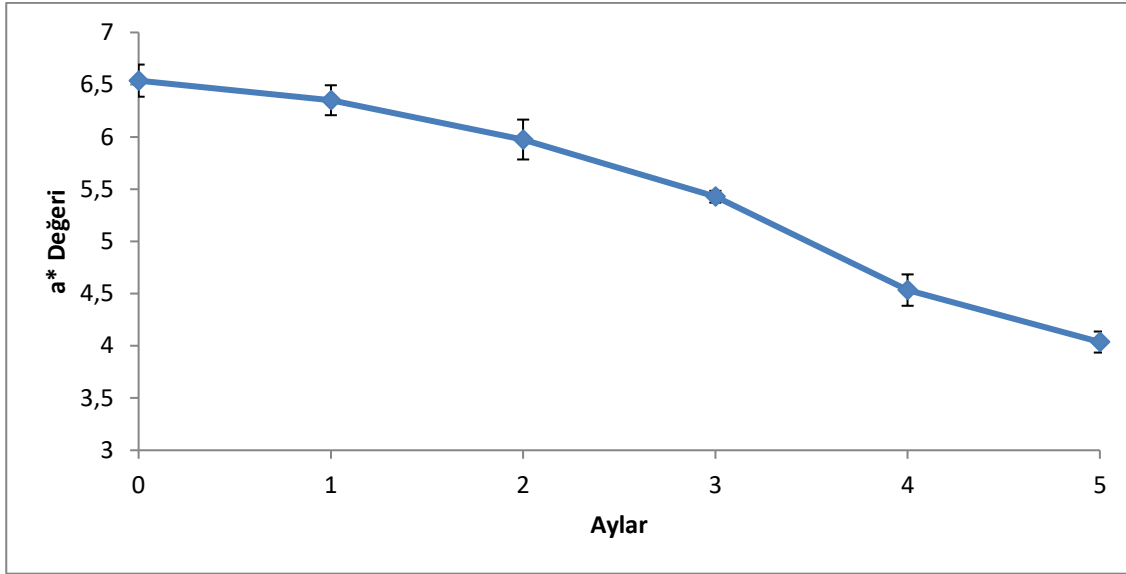
Değerlendirme sonuçlarına göre, MTGaz, süre ve baskılama ağırlığı uygulamalarının a\* değerlerine istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ürünün dondurularak depolama süresince a\* değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabi tutulmuştur (Çizelge 4.60).

**Çizelge 4.60.**  $S_{16}$  örneği için a\* değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | a*            |
|-----------------|---------------|
| 0. Ay           | 6.535±0.153 a |
| 1. Ay           | 6.350±0.143 a |
| 2. Ay           | 5.975±0.190 b |
| 3. Ay           | 5.420±0.05 c  |
| 4. Ay           | 4.530±0.150 d |
| 5. Ay           | 4.030±0.100 e |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Ürünün ilk iki ay a değerinde istatistiksel bir fark belirlenmemiştir. Ancak depolama süresince değişim önemli ( $p < 0.01$ ) hale gelmiş ve 6.535±0.153 olan a değeri, depolama süresinin sonunda 4.030±0.100 değerine gerilemiştir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. a\* değerinin S<sub>16</sub> örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Karayakannakidis vd. (2008) araştırmalarında depolama süresince trimetilaminoksit ile sistein kalıntılarının reaksiyonlarının yeşilimsi renk (-a\*) değerini ortaya çıkartabileceğini ve renk parametrelerini etkileyebileceğini vurgulamışlardır.

MTGaz ilavesi ve yapılandırma şartları ürünün rengini etkileyebilmekte, buna ek olarak depolama süresi boyunca oksidasyon ve enzimatik aktivitelere bağlı ortaya çıkan uçucu bazlar da renk parametrelerini etkileyebilmektedir (Tammatinna vd. 2007; Moreno vd. 2013; Molina vd. 2014; Moradi vd. 2019).

Literatür derlemesinde sunulan diğer araştırmacılar da benzer şekilde balık türüne, çeşitli katkı maddelerine, işleme metoduna veya ürünlerin formlarına bağlı olarak a\* değerlerinde değişim olduğunu gözlemlemişlerdir (Cardoso vd. 2011a; Moreno vd. 2013).

Martelo-Vidal vd. (2016b) araştırmalarında MTGaz ilavesiyle yeniden yapılandırılmış beyaz ton balığı için optimum şartları tespit etmeye çalışmışlardır ve istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde yapılandırma süresinin renk parametreleri üzerinde MTGaz ilavesinden daha etkili olduğunu, bu uygulamaların renk parametrelerinde azalmaya sebep olabileceğini belirtmişlerdir.

Araştırmamızda MTGaz ve baskılama ağırlığı kullanılarak uygun sürede yapılandırılan ürünlerde depolama süresi boyunca a\* değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Ayrıca a\*değeri açısından araştırılan literatür derlemesi Çizelge 4.61’de aktarılmıştır.

**Çizelge 4.61.** Yeniden yapılandırılmış ürünlerin a\* değeri tartışmaları

| Araştırmacı                    | Balık türü                                                                         | Katkı maddeleri                                                                                                     | İşleme yöntemi                                                   | a* sonuçları                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Castillejos vd. (2017)         | Kefal balığı ( <i>Mugil labrosus</i> )                                             | 0.3 U/g MTGaz+%2 NaCl                                                                                               | 90°C/15dk+50°C/30dk                                              | <b>Kontrol:</b> -0.35±0.04, MTGaz: -0.81±0.38                                                                                                                                                                                                  |
| Martelo-Vidal vd. (2016b)      | Beyaz ton balığı ( <i>Thunnus alalunga</i> )                                       | 450 U/kg MTGaz                                                                                                      | 4°C'de 18 saat yeniden yapılandırma                              | <b>Optimum üründe:</b> 2.38 ila 4.68 aralığında tespit edilmiştir                                                                                                                                                                              |
| Molina vd. (2014)              | Levrek balığı ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )                                      | -                                                                                                                   | Fileto ürünün 4°C'de depolanması.                                | <b>0.gün:</b> -2.25±0.50, 11.Gün: 1.46±0.94                                                                                                                                                                                                    |
| Cardoso vd. (2011a) ve (2012b) | Levrek balığı ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )                                      | 5 g/kg MTGaz, Swe, Carragenan, beyaz karbonhidrat tozları = (2011a) %0.5 MTGaz+%2.5 NaCl+%11.5 ila 12.8 su = (2012) | Yeniden yapılandırma                                             | (2011a)= <b>Kontrol:</b> -1.36±0.09, <b>MTGaz:</b> -1.41±0.05<br>(2012b)= <b>Kontrol:</b> -3.08±1.99, <b>MTGaz:</b> 3.30±2.19                                                                                                                  |
| Moreno vd. (2010a)             | Alabalık ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) ve Berlam ( <i>Merluccius merluccius</i> ) | Kontrolde %5 su. Diğerlerinde %1 MTGaz, %1.5 NaCl, %1.5 Sodyum kazeinat ve %5 su                                    | Yeniden yapılandırma ve 6 gün 4°C'de depolama                    | <b>Alabalık Kontrol:</b> 1.gün: 8.02±0.15, 6.gün: 9.85±0.23, <b>Berlam Kontrol:</b> 1.gün: -0.05±0.11, 6.gün: -0.46±0.46, <b>Alabalık MTGaz:</b> 1.gün: 8.01±0.14, 6.gün: 5.20±0.42, <b>Berlam MTGaz:</b> 1.gün: -0.46±0.46, 6.gün: -2.38±0.07 |
| Karayakannakidis vd. (2008)    | Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )                                             | %2 MTGaz                                                                                                            | Yeniden yapılandırma                                             | <b>a*:</b> -4.40±0.4                                                                                                                                                                                                                           |
| Cakli vd. (2007)               | Çipura ( <i>Sparus aurata</i> ) ve Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )          | -                                                                                                                   | 4.15±1.12 °C'de buz içerisinde 18 gün depolama.                  | <b>Levrek</b> 1.gün: -0.89±0.12, <b>Çipura</b> 1.gün: -1.35±0.15, <b>Levrek</b> 18.gün: -1.21±0.22, <b>Çipura</b> 18.gün: 1.72±0.10                                                                                                            |
| Kılinc vd. (2007)              | Çipura ( <i>Sparus aurata</i> ) ve Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )          | -                                                                                                                   | 15 gün boyunca su buz karışımı veya yaprak buzda muhafaza        | <b>Levrek su-buz:</b> 1.gün -1.6±0.1 , 15.gün -1.7±0.1, <b>yaprak buz:</b> 1.gün -1.6±0.1 , 15.gün -1.9±0.3. <b>Çipura su-buz:</b> 1.gün: -1.5±0.1, 15.gün -1.6±0.3 , <b>yaprak buz:</b> 1.gün -1.7±0.1 , 15.gün -1.8±0.2                      |
| Tammatina vd. (2007)           | Beyaz karides ( <i>Penaeus vannamei</i> )                                          | 0 U/g, 0.2 U/g, 0.4 U/g, 0.6 U/g ve 0.8 U/g MTGaz + % 2.5 NaCl                                                      | Kontrolde işlem yok. 25°C'de 2 saat veya 40°C'de 30 dk uygulama. | <b>Kontrol:</b> 18.82±0.22 ile 20.20±0.31 aralığı, <b>25°C'de 2 saat:</b> 18.61±0.46 ile 19.38±0.20 aralığı, <b>40°C'de 30 dk:</b> 18.56±0.13 ile 19.30±0.25 aralığı.                                                                          |

#### 4.2.10.3. Depolama süresince ortaya çıkan $b^*$ değeri bulguları

İstatistiksel değerlendirmeleri gerçekleştirilen depolama grubunun  $b^*$  değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.62’de verilmiştir

**Çizelge 4.62.**  $S_{16}$  örneği için süresince  $b^*$  değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 2.53430833 | 128.27** |
| Hata                 | 6    | 0.01975833 |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

Değerlendirme sonuçlarına göre uygulanan parametrelerin  $b^*$  değerlerine istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu belirlenmiş ve ürünün dondurularak depolama süresince  $b^*$  değerleri bakımından Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne ait sonuçları Çizelge 4.63’te verilmiştir.

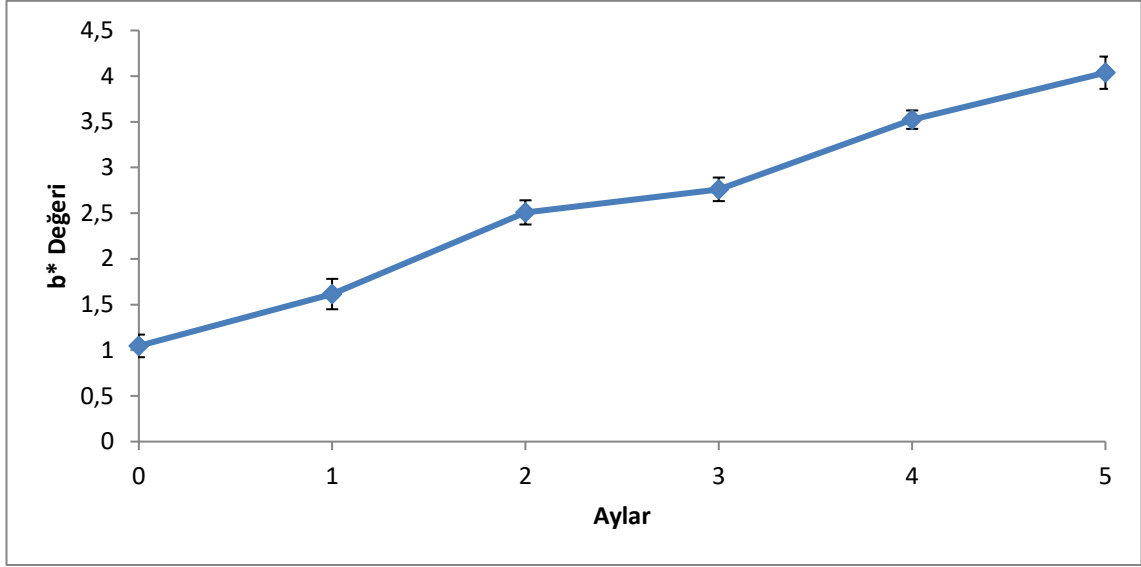
**Çizelge 4.63.**  $S_{16}$  örneği için  $b^*$  değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | $b^*$         |
|-----------------|---------------|
| 0. Ay           | 1.045±0.123 e |
| 1. Ay           | 1.610±0.166 d |
| 2. Ay           | 2.505±0.132 c |
| 3. Ay           | 2.760±0.129 c |
| 4. Ay           | 3.520±0.100 b |
| 5. Ay           | 4.035±0.176 a |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Depolama süresince renk değişimleri takip edilen tek örnek olan  $S_{16}$  için, pozitif olması halinde sarı tonlarını ve negatif olması halinde mavi tonlarını belirten  $b^*$  değeri açısından 0. ayda 1.04±0.12 değeri gözlemlenirken bu değer depolama süresi boyunca artış göstererek 5.ayda 4.03±0.17 değerine ulaşmıştır (Şekil 4.55).

Yeniden yapılandırılmış ürünlerin  $b^*$  değerine ait literatür derlemesi Şekil 4.64’te verilmiştir



**Şekil 4.55.** b\* değerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Çalışmamızda MTGaz, baskılama ağırlığı ve yeniden yapılandırma süresi parametreleri doğrultusunda ortaya çıkan ürünün b\* değerinde depolama süresi boyunca artış gözlemlenerek sarı renk tonlarının arttığı belirlenmiştir.

Literatür derlemesi doğrultusunda depolama süresi boyunca b\* değerlerindeki değişimin katkı maddeleri, ısıtma işlemi, protein denatürasyonu gibi parametrelere bağlı olabileceği vurgulanmaktadır (Moreno vd. 2013; Castillejos vd. 2017).

Araştırmamızda b\* değerinde artışlar meydana gelmiş ve sarı renk tonları ortaya çıkmış, bu durum gözenek-boyutta sapma analizleri için çekilen fotoğraflarda da tespit edilmiştir. Araştırmacılara ait b\* değeriyle ilgili olan literatür derlemesi Şekil 4.64'te aktarılmıştır.

Renk değişimlerine ait bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, işleme metodları, balık türleri, katkı maddeleri çeşitleri ve üretim sonrası şartlarına göre raf ömürleri ve renk parametreleri farklılık gösterebilmektedir. Bu açıdan, MTGaz oranı ve bu parametreye ilave katkı maddeleri de bu durumu etkileyebilmektedir. Bunun yanı sıra protein ağırlığının depolama başlangıcında sıkı olması parlak ve sıkı doku yapısı ortaya çıkartırken, depolama süresi boyunca ortaya çıkan protein denatürasyonu ve kalite değişimlerine bağlı olarak ürünlerin renginde mat görünüm ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 4.64.** Yeniden yapılandırılmış ürünlerin b\* değeri tartışmaları

| Araştırmacı                 | Balık türü                                                                         | Katkı maddeleri                                                                                                     | İşleme yöntemi                                                                                      | b* sonuçları                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Castillejos vd. (2017)      | Kefal balığı ( <i>Mugil labrosus</i> )                                             | 0.3 U/g MTGaz+%2 NaCl                                                                                               | 90°C/15dk+50°C/30dk                                                                                 | <b>Kontrol:</b> 14.37±1.21, MTGaz: 12.20±0.68                                                                                                                                                                                                  |
| Martelo-Vidal vd. (2016b)   | Beyaz ton balığı ( <i>Thunnus alalunga</i> )                                       | 450 U/kg MTGaz                                                                                                      | 4°C'de 18 saat yeniden yapılandırma                                                                 | <b>Optimum üründe:</b> 10.98 ila 12.36 aralığında tespit edilmiştir                                                                                                                                                                            |
| Molina vd. (2014)           | Levrek balığı ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )                                      | -                                                                                                                   | Fileto ürünün 4°C'de depolanması.                                                                   | <b>0.gün:</b> 3.16±0.91, <b>11.gün:</b> 6.43±1.97                                                                                                                                                                                              |
| Cardoso vd. (2011a) ve 2012 | Levrek balığı ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )                                      | 5 g/kg MTGaz, Swe, Carragenan, beyaz karbonhidrat tozları = (2011a) %0.5 MTGaz+%2.5 NaCl+%11.5 ila 12.8 su = (2012) | Yeniden yapılandırma                                                                                | (2011a)= <b>Kontrol:</b> 4.18±0.48, <b>MTGaz:</b> 4.02±0.11. (2012)= <b>Kontrol:</b> 2.75±1.68, <b>MTGaz:</b> 3.02±1.16                                                                                                                        |
| Moreno (2010a)              | Alabalık ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) ve Berlam ( <i>Merluccius merluccius</i> ) | Kontrolde %5 su. Diğerlerinde %1 MTGaz, %1.5 NaCl, %1.5 Sodyum kazeinat ve %5 su                                    | Yeniden yapılandırma ve 6 gün 4°C'de depolama                                                       | <b>Alabalık kontrol:</b> 1.gün: 15.68±0.74, 6.gün: 15.74±0.64, <b>Berlam kontrol:</b> 1.gün: 2.99±0.23, 6.gün: 2.42±0.09, <b>Alabalık MTGaz:</b> 1.gün: 15.74±0.64, 6.gün: 14.59±0.27, <b>Berlam MTGaz:</b> 1.gün: 2.42±0.09, 6.gün: 4.08±0.31 |
| Karayakannakidis vd. (2008) | Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )                                             | %2 MTGaz                                                                                                            | Yeniden yapılandırma                                                                                | <b>b* değeri:</b> 8.1±0.2                                                                                                                                                                                                                      |
| Cakli vd. (2007)            | Çipura ( <i>Sparus aurata</i> ) ve Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )          | -                                                                                                                   | 4.15±1.12 °C'de buz içerisinde 18 gün depolama.                                                     | <b>Levrek</b> 1.gün: 12.12±0.32, <b>Çipura</b> 1.gün: 9.67±0.72, <b>Levrek</b> 18.gün: 9.21±1.20, <b>Çipura</b> 18.gün: 9.21±1.20                                                                                                              |
| Kılinc vd. 2007)            | Çipura ( <i>Sparus aurata</i> ) ve Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )          | -                                                                                                                   | 15 gün boyunca su buz karışımı veya yaprak buzda muhafaza                                           | <b>Levrek su-buz:</b> 1.gün 8.60±0.81, 15.gün 9.9±0.9, <b>yaprak buz:</b> 1.gün 9.00±0.5, 15.gün 12.0±0.7. <b>Çipura su-buz</b> 1.gün: 8.00±0.3, 15.gün 9.8±0.9, <b>yaprak buz:</b> 1.gün 9.1±0.9, 15.gün 11.3±1.0                             |
| Tammatina vd. (2007)        | Beyaz karides ( <i>Penaeus vannamei</i> )                                          | 0 U/g, 0.2 U/g, 0.4 U/g, 0.6 U/g ve 0.8 U/g MTGaz + % 2.5 NaCl                                                      | Yapılandırma süresi ve sıcaklığı uygunlanmamış kontrol. 25°C'de 2 saat veya 40°C'de 30 dk uygulama. | <b>Kontrol:</b> 16.44±0.11 ile 18.15±0.28 aralığı <b>25°C'de 2 saat:</b> 15.91±0.31 ile 16.20±0.10 aralığı <b>40°C'de 30 dk:</b> 15.73±0.23 ile 16.80±0.11 aralığı                                                                             |

#### 4.2.11. Depolama süresince ortaya çıkan duyusal analiz bulguları

##### 4.2.11.1. Depolama süresince ortaya çıkan görünüş değerleri bulguları

Olgunlaştırılan örneklerin depolanması süresince görünüş değerlerine ait analiz bulguları istatistiksel olarak incelenmiş ve değerlendirme sonuçları Çizelge 4.66'da verilmiştir.

**Çizelge 4.65.**  $S_{16}$  örneği için görünüş değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F        |
|----------------------|------|------------|----------|
| Depolama süresi      | 5    | 3.27933333 | 109.31** |
| Hata                 | 6    | 0.03000000 |          |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

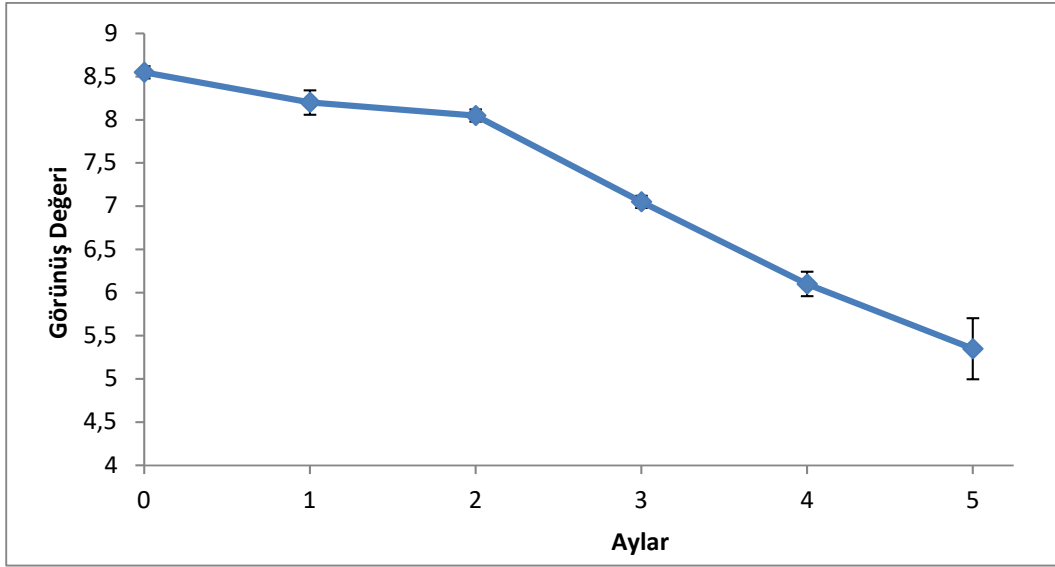
Değerlendirme sonuçlarına göre, MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının görünüş değerleri için istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu gözlemlenmiştir. Ürünün dondurularak depolama boyunca görünüş değerleri açısından Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne ait sonuçları Çizelge 4.67'de verilmiştir.

**Çizelge 4.66.**  $S_{16}$  örneği için görünüş değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Görünüş Değeri |
|-----------------|----------------|
| 0. Ay           | 8.550±0.070 a  |
| 1. Ay           | 8.200±0.141 ba |
| 2. Ay           | 8.050±0.070 b  |
| 3. Ay           | 7.050±0.070 c  |
| 4. Ay           | 6.100±0.141 d  |
| 5. Ay           | 5.350±0.353 e  |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Görünüş değerleri açısından panelistlere sunulan  $S_{16}$  örneğinin duyusal değerlendirilmesi her ay gerçekleştirilen analizler ile takip edilmiştir. Üretimin ilk aşamasında 8.55±0.07 elde edilen görünüş değeri depolama süresi boyunca düşüş göstermiştir. İlk iki ay belirlenen görünüş değerindeki azalma yavaş seyretmiş 5. ay itibarıyla 5.35±0.35 değerine kadar gerilemiştir. Yeniden yapılandırılmış balık eti ürününün depolama süresinin sonunda görünüş açısından kabul edilebilir limitlerde kaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.56).



**Şekil 4.56.** Görünüş değerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

MTGaz kullanılımını ile desteklenmiş gıda ürünlerinde yapının sıkılaştırılması birincil hedef olmakla birlikte, bu durum duyuşal açıdan da önem arz etmektedir.

Gonçalves vd. (2010) araştırmalarında çeşitli oranlarda MTGaz'ı *Micropogonias furnieri* balığının etine uygulanmasıyla yeniden yapılandırma işlemini gerçekleştirmişlerdir. İlk üretimde 1:5 oranında sulu çözeltiyi ve ikinci üründe ise toz MTGaz'ı ürünlere uygulamışlardır. İçerik açısından %1.5 MTGaz' sahip örnekler ve kızartılmış olan örnekleri duyuşal analizler için öncelikli olarak kabul etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre çözelti MTGaz içeren örnklerde görünüş değeri  $6.33 \pm 1.15$  ve toz formdaki MTGaz içeren örneklerde görünüş  $5.82 \pm 0.84$  olarak belirtilmiştir.

MTGaz, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi parametreleri uygulanarak panelistlere sunulan örnekler depolama süresi boyunca giderek kalite kaybına uğramıştır. Ancak depolama süresinin sonunda hala tüketici tarafından beğenilir özelliğe sahip bulunmuştur.

#### 4.2.11.2. Depolama süresince ortaya çıkan koku değeri bulguları

İstatistiksel açıdan yapılan değerlendirmeler depolama grubunun koku değerine ait varyans analiz sonuçları bakımından Çizelge 4.68'de verilmiştir

**Çizelge 4.67.**  $S_{16}$  örneği için süresince koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Depolama süresi      | 5    | 1.90024833 | 45.45** |
| Hata                 | 6    | 0.04180833 |         |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

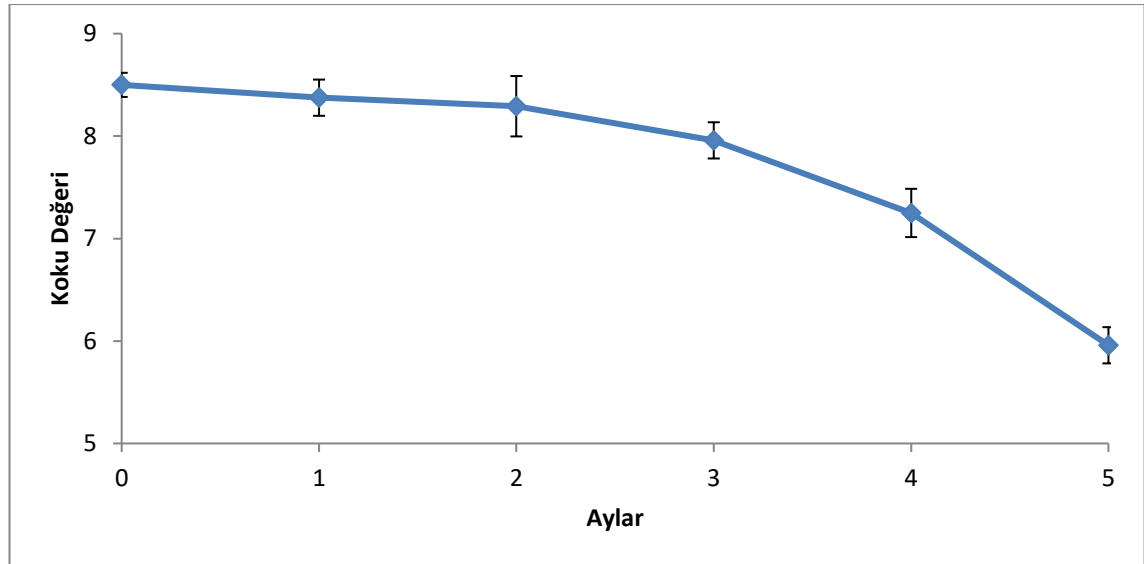
Optimum şartları belirlenen MTGaz, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamaları ile üretilen ürünün koku değerleri istatistiksel bakımdan önemli ( $p<0.01$ ) değişime uğramıştır. Dondurularak depolanan üründe depolama süresince koku değerleri takip edilmiş ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabi tutulmuştur (Çizelge 4.69).

**Çizelge 4.68.**  $S_{16}$  örneği için koku değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Koku Değeri    |
|-----------------|----------------|
| 0. Ay           | 8.495±0.117 a  |
| 1. Ay           | 8.375±0.176 ba |
| 2. Ay           | 8.290±0.294 ba |
| 3. Ay           | 7.955±0.176 b  |
| 4. Ay           | 7.245±0.235 c  |
| 5. Ay           | 5.955±0.176 d  |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Panelistlere sunulan ve koku değerlendirmesi istenen  $S_{16}$  örneğinin duysal gözlemleri her ay gerçekleştirilen analizler ile tespit edilmiştir. Başlangıç koku puanı 8.50±0.11 olan örnek ilk aylarda hafif bir azalma ile 3. ayın sonunda 7.955±0.176 değerine gerilemiştir. Bu aşamadan sonraki azalma hızlı seyretmiş ve depolama süresinin sonunda 5.95±0.17 değerlerinde kaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.57).



**Şekil 4.57.** Koku değerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Gonçalves vd. (2010) çalışmalarında *Micropogonias furnieri* balığının etine MTGaz'ı 1:5 çözelti ve toz halde uygulamışlardır. Oransal olarak %1.5 MTGaz ve kızgın yağa daldırarak gerçekleştirilen ısıtılma işlemi ait örnekler duysal açıdan beğeni

toplamıştır. Koku bakımından 1:5 MTGaz:su çözeltisine sahip örnekler  $5.74 \pm 1.24$  ve toz MTGaz uygulanmış örnekler ise  $5.24 \pm 0.83$  olarak ifade edilmiştir.

Araştırmalara göre MTGaz kullanımının ürüne farklı bir koku veya aroma katmadığı ancak doku bütünlüğü sağlayarak otolitik reaksiyonların kontrol gruplarına göre yavaş ilerlemesiyle mevcut kalitenin ve balıksı kokunun korunmasına destek olduğu vurgulanmaktadır (Tzikas vd. 2015). Gerçekleştirilen çalışmada da beklendiği gibi depolama ile birlikte koku değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Yeniden yapılandırılmış ürünün hala tüketici beğenisini karşılayabilme özelliği taşımasının sebebi olarak MTGaz ve baskılama uygulamaları sonucu ürünün formunu koruması olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.11.3. Depolama süresince ortaya çıkan lezzet değeri bulguları

Yeniden yapılandırılmış ürünün lezzet değerlendirmeleri depolama süresince gerçekleştirilen duysal analizler ile izlenmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilen sonuçlar Çizelge 4.70’te aktarılmıştır.

**Çizelge 4.69.**  $S_{16}$  örneği için lezzet değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Depolama süresi      | 5    | 3.46318833 | 91.64** |
| Hata                 | 6    | 0.03779167 |         |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

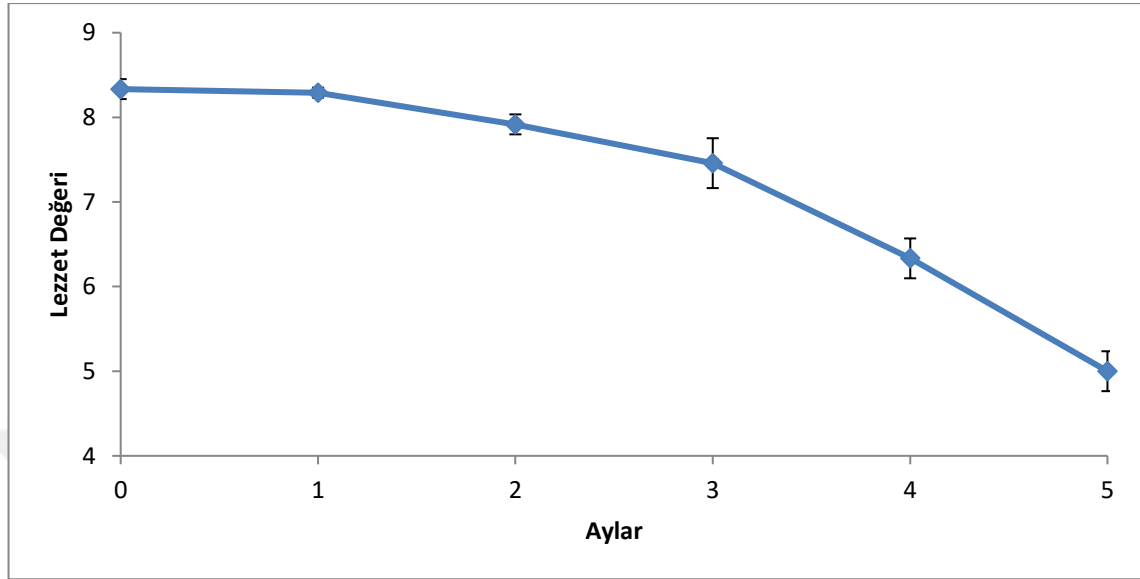
Duyusal analiz değerlendirmelerine göre, uygulama grubunun lezzet değerlerine istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Ürünün lezzet değerleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi’ne tabi tutulmuş ve sonuçları Çizelge 4.71’de verilmiştir.

**Çizelge 4.70.**  $S_{16}$  örneği için lezzet değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Lezzet Değeri        |
|-----------------|----------------------|
| 0. Ay           | $8.330 \pm 0.117$ a  |
| 1. Ay           | $8.290 \pm 0.058$ a  |
| 2. Ay           | $7.915 \pm 0.011$ ba |
| 3. Ay           | $7.455 \pm 0.294$ b  |
| 4. Ay           | $6.330 \pm 0.235$ c  |
| 5. Ay           | $4.995 \pm 0.235$ d  |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Koku değerlendirmesinde olduğu gibi lezzet bulguları da ilk üç ay yavaş bir değişim göstererek azalmıştır. Son iki ayda ise düşüş göstermiş ve depolama süresinin sonunda  $5.00 \pm 0.23$  değerine gerilemiştir. (Şekil 4.58).



**Şekil 4.58.** Lezzet değerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

MTGaz enziminin sulu ve toz halde uygulandığı yeniden yapılandırma işleminde 1:5 MTGaz:su çözeltisi ve toz MTGaz içeren örneklerde lezzet değeri sırasıyla  $5.13 \pm 0.83$  ve  $4.22 \pm 0.34$  bulunmuştur (Gonçalves vd. 2010).

Araştırmamızda literatür benzeri durum ortaya çıkarak MTGaz içeren üründe lezzet değeri beğeni kazanmış ancak bu durum depolama süresiyle birlikte azalarak devam etmiştir.

#### 4.2.11.4. Depolama süresince ortaya çıkan duyuşal tekstür değerlendirmesi bulguları

Duyuşal analizler için MTGaz enzimi, baskılama ağırlığı ve süre uygulaması ile yapılandırma işleminin ardından elde edilen yeniden yapılandırılmış ürünlerin  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de depolanması süresince meydana gelen tekstür değerlendirmelerine ait bulgular istatistiksel olarak incelenmiş ve Çizelge 4.72'de aktarılmıştır.

**Çizelge 4.71.**  $S_{16}$  örneği için duyuşal açıdan tekstürel değerlendirme değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | S.D. | K.O.       | F       |
|----------------------|------|------------|---------|
| Depolama süresi      | 5    | 1.23634000 | 47.25** |
| Hata                 | 6    | 0.02616667 |         |

(\*\*)  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, (\*\*)  $p < 0.05$  düzeyinde önemli

Optimum uygulama grubunun tekstür değerlerine istatistiksel bakımdan önemli ( $p < 0.01$ ) etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Ürünün dondurularak depolanması süresince

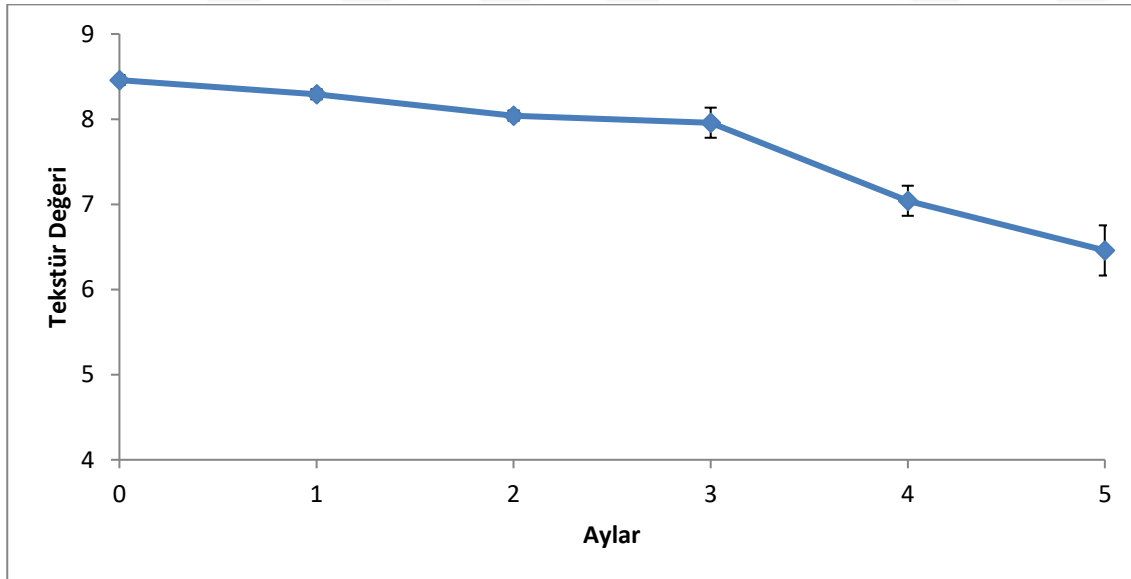
tekstür değerleri duyu analizi ile takip edilmiş ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'ne tabi tutulmuştur (Çizelge 4.73).

**Çizelge 4.72.**  $S_{16}$  örneği için duyu açıdan tekstürel bulgularına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Depolama Süresi | Duyu Tekstür Değeri |
|-----------------|---------------------|
| 0. Ay           | 8.455±0.058 a       |
| 1. Ay           | 8.290±0.058 ba      |
| 2. Ay           | 8.040±0.058 b       |
| 3. Ay           | 7.955±0.176 b       |
| 4. Ay           | 7.035±0.176 c       |
| 5. Ay           | 6.455±0.294 d       |

$S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 MTGaz. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirlerinden farklı değildir.

Duyu tekstür verileri için panelistlere sunulmuş olan  $S_{16}$  örneği her ay değerlendirilmiştir. Başlangıç tekstür değeri 8.45±0.05 olarak belirlenmiş ve depolama süresince azalma göstermiştir. Özellikle depolamanın son iki ayında azalma gösteren tekstür değeri 5. ayın sonunda 6.45±0.29 değerini almıştır. (Şekil 4.58). Gerçekleştirilen tekstürel değerlendirmeler TPA ve SEM sonuçlarıyla da uyum göstermektedir. Depolama süresi boyunca ürünler tekstürel açıdan kayba uğramış ancak kabul edilebilir değerlerde raf ömürlerini tamamlamıştır.



**Şekil 4.59.** Duyu tekstür değerinin  $S_{16}$  örneği için depolama süresi boyunca değişimleri

Depolama süresi boyunca optimum ürünün duyu analiz bulguları değerlendirildiğinde, panelistler tarafından yapılan yorumlarda da optimum ürünün depolama süresi boyunca tekstür, görünüş, koku ve lezzet değerlerinin ısı işlem sonrasında stabil kaldığı vurgulanmıştır.

## 5. SONUÇLAR

Su ürünlerinin işlenmesi, depolanması, nakledilmesi ve sofralarımıza ulaşmaya kalitesinin korunması önem arz etmektedir. Levrek balıklarının besin değeri yüksek olup, ülkemizde tüketimi yaygın bir balık türüdür. Yapılan araştırmada farklı MTGaz miktarı, yapılandırma süresi ve baskılama ağırlığı uygulamalarının ardından yeniden yapılandırılmış levrek eti üretilmiştir. Hedeflenen optimum şartlara ulaşılan kombinasyon ile tekrar üretimi yapılan ürünün -18°C’de 5 ay boyunca depolanmasıyla meydana gelen kalite değişimleri takip edilmiştir.

Yanıt Yüzey Metodu’na göre üretilen ürünlerde hedeflenen en düşük çözünme kaybı değeri, toplam serbest amino asit miktarı ve ön denemelerle belirlenen sertlik değerine ulaşmak olmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda üretimi gerçekleştirilen 15 örnek serisine ait analizlerde çözünme kaybı değerleri MTGaz içeren örneklerde düşük seviyelerde gözlemlenmiştir. Ayrıca baskılama ağırlığı farklılıkları ve olgunlaşma süresinin de çözünme kaybı üzerinde etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Çözünme kaybı değeri en düşük  $0.235 \pm 0.00$  değeri ile  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneğinde tespit edilmiştir. En yüksek çözünme kaybı değeri ise  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örneğinde  $1.21 \pm 0.02$  bulunmuştur. Optimum ürünün dondurularak depolanması sürecinde, çözünme kaybı değerleri  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 0.ayda  $0.231 \pm 0.004$  belirlenirken, 5.ayda  $2.159 \pm 0.001$  değerine ulaşmıştır. Optimum örnekte MTGaz içeriğinin yüksek olmasının yanı sıra, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresinin çözünme kaybı değerlerini etkilediği gözlemlenmiştir.

Toplam serbest amino asit miktarı yapılandırma süresinin artmasına paralel olarak artış göstermiş, ancak MTGaz ve baskılama ağırlığının birlikte kullanıldığı örneklerde bu seviye minimum artış göstermiştir. MTGaz içermeyen  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örnek grubu için  $41.06 \pm 0.03$  mg/100g değeri ile en yüksek toplam serbest amino asit verileri elde edilmiştir. Üretilen optimum örneğin ( $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32) dondurarak depolanması süresince ortaya çıkan toplam serbest amino asit değerleri,  $29.38 \pm 0.03$  mg/100g değerinden başlayarak depolama süresinin sonunda  $46.06 \pm 1.75$  mg/100g değerine ulaşmıştır. Kalite kaybının bir göstergesi olarak ortaya çıkan toplam serbest amino asit miktarının üretilen optimum örnekte en az seviyede olması beklenmiştir. Bu hedefin sağlanmasında MTGaz uygulaması ve baskılama ağırlığının birlikte bulunmasının önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak süre uygulamasının ise yapılandırma açısından yeterli seviyede olduğu ortaya konulmuştur.

Toplam sertlik değerleri açısından optimizasyon için hedeflenen “ $850 \pm 30$  g” aralığını karşılayan,  $S_7=S_8=S_9$ ,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $878.03 \pm 7.23$  g,  $S_{14}$ : 24S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $821.05 \pm 1.75$  g ve  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $847.53 \pm 1.72$  g örneklerine ait sonuçlar belirlenmiştir. Bu aşamanın ardından optimizasyon için üretimi gerçekleştirilen tek örnek olan  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $880.04 \pm 4.07$  g değeri gözlemlenerek hedefe ulaşılmıştır. Aynı örnek depolamaya alınarak 5. ayda ise  $833.87 \pm 4.23$  g değerine kadar sertlik seviyesinde azalma meydana gelmiştir ancak optimum aralık olan “ $850 \pm 30$  g” seviyesi korunmuştur. Depolama örneği için gerçekleştirilen TPA analizinin diğer verileri olan adhezyon depolama süresince gözlemlenen değerler doğrultusunda, 0. ayda  $-20.03 \pm 0.07$  g.s değerinde

oldukları ve 5. ayda ise doku tazeliğinin azalmasıyla birlikte  $-11.98 \pm 0.66$  g.s ( $p < 0.01$ ) değerine ulaştığı belirlenmiştir. Kohezyon değeri başlangıçta  $0.5905 \pm 0.004$  gözlemlenmiş ancak depolama sonunda  $0.4950 \pm 0.008$  ( $p < 0.01$ ) olarak tespit edilmiştir. Birincil tekstür parametrelerinden bir diğeri olan esneklik değeri, 0.ayda  $0.886 \pm 0.004$  olup, 5.ayda  $0.822 \pm 0.002$  ( $p < 0.01$ ) tespit edilmiştir. İkincil parametrelerden olan elastikiyet değeri  $0.2405 \pm 0.0021$  seviyesinden başlamış ancak depolama sonunda  $0.207 \pm 0.0014$  ( $p < 0.01$ ) değerine gerilemiş ve buna bağlı olarak doku tazeliğinin giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Çiğnenebilirlik değeri  $460.41 \pm 3.93$  g'dan 5 ay sonunda  $339.27 \pm 2.92$  g ( $p < 0.01$ ) değerine gerilemiştir. Ayrıca sakızimsılık değeri ise 0.ayda  $519.65 \pm 1.94$  g değerinden başlamış ve 5.ayda ise  $412.74 \pm 4.97$  g ( $p < 0.01$ ) seviyesinde son bulmuştur. Tüm bu sonuçlar arasında istatistiki fark oluşması ürünlerin dokusunun depolama süresi boyunca kalite kaybına uğradığını ifade etmektedir. Bu sonuçların duyu analizi, boyut-gözenek incelemesi ve SEM sonuçlarıyla kıyaslanarak değerlendirilmesi en verimli tabloyu ortaya çıkartmaktadır. Bu açıdan boyut-gözenek analizleri ve SEM incelemesine göre, depolama sonunda dokuda dağılım gözlemlenmemiştir. Duyusal analizler ise panelistler tarafından kabul edilebilir aralıkta puanlanmıştır.

Optimum koşullar açısından, çözünme kaybı değerleri (%) için deneysel ve tahmini sonuçlar sırasıyla “0.231<sup>a</sup>” ve “0.238<sup>a</sup>” olarak gözlemlenmiş ve aralarında istatistiksel bakımdan fark olmadığı belirlenmiştir. Toplam serbest amino asit değerleri (mg/100g) içinse deneysel ve tahmini sonuçlar için sırasıyla “29.375<sup>a</sup>” ve “29.415<sup>a</sup>” değerleri neticesinde aralarında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Sertlik değeri (g) içinse, deneysel sonuçlar “880.035<sup>a</sup>” ve tahmini sonuçlar ise “879.995<sup>a</sup>” olarak belirlenmiştir. Sertlik değeri açısından da deneysel ve tahmini sonuçlar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneği optimum örnek olarak belirlenmiştir.

Boyutta sapma ve gözenek analizlerinin gerçekleştirilmesi bilgisayar yazılımları ile tamamlanmıştır. Yanıt Yüzey Metodu ile üretimi yapılan 15 örnek serisinde  $S_7$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 gibi yeterli yapılandırma süresine ulaşamayan ve MTGaz oranı içermeyen örneklerde boyut açısından sapma değeri  $9.99 \pm 0.25$  olarak gözlemlenmiştir. Buna ek olarak  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $12.63 \pm 0.25$  ile en yüksek seviye tespit edilmiştir. Baskılama ağırlığı içeren ve yüksek MTGaz seviyesine sahip örnekte ise  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $1.94 \pm 0.02$  değeri belirlenmiştir. Depolama süresince kalite değişimlerinin izlendiği optimum örnek olan  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 ürünü için 0.ayda  $1.952 \pm 0.008$  değeri elde edilmiştir.  $S_{16}$  örneği boyutta sapma verileri açısından 5.ay sonunda  $4.03 \pm 0.02$  değerine ulaşarak depolama süresi tamamlanmıştır. Gözenek değerlerine göre ise, üretimi gerçekleştirilen 15 serinin sonuçları doğrultusunda MTGaz ve baskılama ağırlığı içermeyen örneklerde  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $4.42 \pm 0.11$  olarak en yüksek değerler gözlemlenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığını bir arada içeren  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $0.95 \pm 0.05$  değeri en düşük seviye olarak belirlenmiştir. Dondurarak depolamaya alınan tek örnek olan  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 ürünüde belirlenen boyutta sapma değeri başlangıçta  $0.90 \pm 0.01$  ile başlamış ancak depolama süresinin sonunda  $2.37 \pm 0.04$  değerine yükselmiştir.

pH sonuçları açısından bulgular ve tartışmanın ilk kısmını oluşturan Yanıt Yüzey Metoduyla 15 örneğin üretilmesi neticesinde değerlendirme yapılmıştır. Sonuç olarak,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $6.62 \pm 0.01$  değeri en yüksek veri olarak elde edilmiştir. En düşük değerler ise  $S_{10}$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $6.40 \pm 0.00$ ,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $6.41 \pm 0.01$  değerleriyle  $S_{14}$ : 24S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $6.41 \pm 0.01$ ,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 içinse  $6.415 \pm 0.005$  verilerine rastlanılmıştır. MTGaz ve baskılama miktarlarının birlikte bulunmasının pH değerlerinde azalmayı teşvik ettiği tespit edilmiştir. Depolama örneği olan  $S_{16}$  içinse 0.ayda  $6.41 \pm 0.003$  değeri gözlemlenmiştir. Aynı örnek 5.ayda  $6.69 \pm 0.003$  değerine ulaşmıştır. Bu sonuçlara göre, pH değerlerinin ortaya çıkmasında MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve süre parametrelerinin birlikte etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Mikrobiyoloji sonuçlarının Yanıt Yüzey Metodu ile üretilmiş 15 örnek serisi açısından incelenmesiyle ortaya çıkan sonuçlara göre, TPAB değerleri için en yüksek sonuçlar  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 4.45 log kob/g değeri ile MTGaz içermeyen 24 saatlik yapılandırma süresine sahip örneklerde belirlenmiştir. En düşük değere ise  $S_4$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 3.45 log kob/g örneğinde rastlanılmıştır. En düşük TMAB sonuçları  $S_3$ : 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 ve  $S_4$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 2.85 log kob/g olarak gözlemlenmiştir. Ancak  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için tüm örnekler arasında en yüksek değerler 3.90 log kob/g olarak belirlenmiştir. Mikrobiyoloji sonuçlarında kritik parametrenin süre uygulaması olduğu sürenin yanı sıra baskılama ağırlığı ve MTGaz kombinasyonlarını birlikte içeren örneklerin sonuçlarının daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Su aktivitesi (aw) en yüksek tespit edilen ürün,  $S_1$ : 4S 2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 örneği için  $0.9945 \pm 0.00$  değeridir. Buna ek olarak,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $0.9865 \pm 0.00$ ,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $0.9865 \pm 0.00$  seviyelerine ulaşılmıştır. Yapılandırma süresinin artmasıyla birlikte aw değerlerinin değişiminde MTGaz miktarı ve baskılama ağırlığı kombinasyonlarının da etkisi olduğu görülebilmektedir. Depolaması takip edilen tek örnek olan  $S_{16}$  için başlangıç seviyesi  $0.9854 \pm 0.00$  olan su aktivitesi depolama süresinin sonunda  $0.9294 \pm 0.00$  olarak belirlenmiştir. MTGaz miktarı, baskılama ağırlığı ve yapılandırma süresi parametrelerine göre, optimum ürünün depolama süresi boyunca su aktivitesi değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bu analiz sonuçları açısından dondurma/çözdürme kayıpları da etkili olmaktadır.

Yanıt Yüzey Metodu ile üretimi gerçekleştirilen 15 örnek serisi duyu analize tabi tutulmuştur. Görünüş değerlendirmeleri açısından  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $4.25 \pm 0.35$ ,  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $4.87 \pm 0.17$  ve  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.12 \pm 0.17$  verileri en düşük seviyelerde kalmıştır. Ayrıca  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için  $7.50 \pm 0.35$ ,  $S_{14}$ : 24S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için  $7.12 \pm 0.17$  ve  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 içinse  $7.12 \pm 0.17$  örnek serileri görünüş bakımından panelistlerce en beğenilen örnekler olmuştur. Depolama örneği  $S_{16}$  17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 0.ay  $8.55 \pm 0.07$  değeri elde edilirken, depolama süresi boyunca düşüş gözlemlenerek 5.ay itibarıyla  $5.35 \pm 0.35$  verisi tespit edilmiştir.

Koku değerleri açısından en az beğenilen örnekler ( $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.37 \pm 0.17$  ve  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için  $5.37 \pm 0.17$ ) olmuştur. MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örneklerde ( $S_7$ = $S_8$ = $S_9$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için sırayla

6.37±0.17, 6.37±0.17 ve 6.50±0.00,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 içinse 6.37±0.17) daha yüksek beğeni puanları elde edilmiştir. Depolamaya alınan tek örnek olan  $S_{16}$  = 17.5 S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için başlangıç koku değeri 8.50±0.11 olup, depolama süresi sonunda 5.95±0.17 değerine gerilemiştir.

Lezzet bulguları açısından ise, baskılama ağırlığı ve MTGaz kombinasyonlarını birlikte içermeyen gruplar olan;  $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.25±0.35,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.25±0.35,  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 5.37±0.17,  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 5.12±0.17 için düşük lezzet puanları elde edilmiştir. Buna karşılık MTGaz ve baskılama ağırlığını birlikte içeren örnekler açısından ise ( $S_3$ : 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 6.37±0.17,  $S_7$  =  $S_8$  =  $S_9$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için sırasıyla 6.25±0.35, 6.37±0.17 ve 6.37±0.17 ayrıca  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 6.25±0.35,  $S_{14}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 6.25±0.35,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 6.37±0.17) daha yüksek puanlar ile lezzet değerleri gözlemlenmiştir. Depolama örneği olan  $S_{16}$  = 17.5 Saat-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 içinse, 0.ayda 8.33±0.11 ve 5.ayda 5.00±0.23 verisi elde edilmiştir.

Duyusal analizlerden sonuncusu olan tekstür değerlendirmesine göre ise, panelistler MTGaz ve baskılama ağırlığı içermeyen örnekler için,  $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.12±0.17,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 4.75±0.35,  $S_6$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 4.62±0.17,  $S_{12}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için 5.12±0.17 puanlarına rastlanılmıştır. MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde ise bu puanlama;  $S_7$  =  $S_8$  =  $S_9$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 8.125±0.17 ayrıca  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 8.25±0.35,  $S_{14}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için 8.25±0.35,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için 8.37±0.17 olarak elde edilmiştir. Depolama örneği için başlangıç ve depolama süresi sonu tekstür değerlendirmeleri sırasıyla 8.45±0.05 ve 6.45±0.29 olmuştur.

Yanıt Yüzey Metodu üretilen örneklerin ısıtıl işlem sonrası değişimleri incelenmiştir. MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren serilerde  $S_3$ : 4S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.16 için %0.46±0.02,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %0.31±0.02 ve  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %0.31±0.02 verileri gözlemlenmiştir. Optimum olarak belirlenen ve depolamaya alınan  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneğinde 0.ayda %0.31±0.23 ağırlık artışı gözlemlenmiştir. MTGaz içermeyen örneklerde ise,  $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %0.79±0.02 artış,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %1.00±0.02 artış ve  $S_{12}$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %0.70±0.02 ağırlık artışı belirlenmiştir. Ürünlerde ısıtıl işlem sonrası meydana gelen değişimler açısından çap değişimleri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde  $S_4$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %-0.71±0.01,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %-0.49±0.01,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %-0.47±0.01 değerleri elde edilmiştir. Optimum olarak belirlenerek depolamaya alınan  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneği içinse 0.ayda %-0.48±0.03 çapta azalma belirlenmiştir. Isıtıl işlem sonrası çapta meydana gelen değişimler açısından özellikle MTGaz içermeyen örneklerde ise;  $S_1$ : 4S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %-1.33±0.01,  $S_5$ : 14S-0 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %-1.16±0.05 ve  $S_{12}$ : 14S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0 için %-1.18±0.01 çapta azalma tespit edilmiştir. Isıtıl işlem sonrası kalınlık değişimleri incelenmiş ve buna göre MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerde,  $S_{11}$ : 14S-5.09 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %1.79±0.08,  $S_{15}$ : 24S-2.54 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 için %1.84±0.13 verileri elde edilmiştir. Optimum olarak belirlenerek depolamaya alınan  $S_{16}$ : 17.5S-3.56 gf/cm<sup>2</sup>-%0.32 örneği içinse 0.ayda %1.51±0.09 kalınlıkta artış gözlemlenmiştir. MTGaz içermeyen örneklerde ise kalınlıkta azalma belirlenmiştir.

Toplam uçucu bazik azot değerleri tek depolama örneği olan  $S_{16}$  için takip edilmiş ve başlangıçta  $11.02 \pm 0.247$  mg/100g olan bu değer, 5 aylık depolama süresinin sonunda  $36.05 \pm 0.49$  mg/100g değerlerine ulaşmıştır. TVB-N değerleri ile pH değerleri paralellik göstermektedir.  $S_{16}$  için pH değeri 0.ayda  $6.41 \pm 0.003$  gözlemlenmiştir. Aynı örnek 5.ayda  $6.69 \pm 0.003$  pH değerine ulaşmıştır. Artış miktarları benzer şekilde gerçekleşmiş ve depolama sonuna kadar nötre yaklaşan pH değerlerinin, uçucu bazik bileşenlerin artması ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir.

Lipid oksidasyonunun ortaya konulduğu totox değerlendirmesinde 0.ayda  $1.50 \pm 0.08$  meq/kg olan değerler 5.ay analizlerinde  $15.88 \pm 0.24$  meq/kg değerini görerek depolama süresini tamamlamıştır. TOTOX değeri için limit değerin 19.5 meq/kg olduğu bilinmektedir. MTGaz uygulaması, baskılama ağırlığı daha sıkı doku ortaya çıkmasını teşvik etmiş ve süre parametresinin de yapılandırmaya desteği ile 5 aylık depolama boyunca üründe oksidasyonu yavaşlamış ve limit değerlere ulaşmadan depolamanın sonlandığı tespit edilmiştir.

Renk ölçümü değerlerine göre ise  $S_{16}$  örneği için,  $L^*$  analizi açısından elde edilen sonuçlara göre, ürünün 0.ayda  $61.57 \pm 1.23$  olan değeri parlaklığın azaldığını ifade eden  $41.04 \pm 1.196$  değerine 5.ayda ulaşarak depolama süresini tamamlamıştır. Ayrıca  $a^*$  değeri bakımından  $6.53 \pm 0.15$  değeri 0.ayda tespit edilerek ürünün kırmızı tonlara daha yakın olduğu ve bu değer depolama süresi boyunca giderek azalarak 5.ayda  $4.03 \pm 0.10$  değerine ulaştığı belirlenmiştir.  $b^*$  değeri 0. ayda  $1.04 \pm 0.12$  olarak tespit edilmiş ve depolama süresi boyunca artış göstererek 5.ayda  $4.03 \pm 0.17$  seviyesine ulaşmıştır.

Nitel ve nicel olarak gerçekleştirilen tüm analizlere ek olarak Taramalı Elektron Mikroskopu fotoğraflamaları değerlendirmelerine göre, MTGaz ve baskılama ağırlığı içeren örneklerin dokularının daha sıkı olduğu, bu durumun yapılandırma süresiyle de ilişkili olduğu tespit edilmiş ve tekstürel ve duyuşal analizler başta olmak üzere bir çok analizi destekleyen fotoğraflar elde edilmiştir.

Tüm bu veriler doğrultusunda, MTGaz miktarının artmasının (%0.32) ürünlerin fiziksel ve kimyasal içeriklerine diğer örneklere göre olumlu etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. MTGaz uygulamasının yanı sıra baskılama ağırlığının da optimum ( $3.56$  gf/cm<sup>2</sup> ile  $5.09$  gf/cm<sup>2</sup>) seviyeye yakın uygulanması halinde, MTGaz kullanım miktarını azaltmakta ve yapılandırma süresini kısaltmaktadır. Optimum şartların uygulanması ile üretimde ekonomik avantaj sağlama imkanı ortaya çıkmaktadır. Ürün dokusunun sıkılaştığı ve buna bağlı olarak fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının olumlu hale geldiği, raf ömrünün ve duyuşal beğenin arttığı tespit edilmiştir. Bu iki parametrenin yanı sıra, yapılandırma süresinin de ürünlerde farklı etkiler ortaya çıkarttığı ve uygun aralıkta (14 saat ile 17.5 saat) bulunan örneklerin en verimli sonuçları ortaya çıkarttığı gözlemlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak üretilen literatürde başka herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca araştırmamızda standart bir kalıptan çıkan ürünlerin üreticiler açısından avantajlı olduğu ve diğer çalışmalarda buna benzer standart ürün üretimine düşük seviyede odaklanıldığı gözlemlenmiştir. Araştırmamızda levrek balığının yeniden yapılandırılmasıyla katma değeri artan ürün ortaya çıkmıştır.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında yer alan parametreler ve işlem basamakları uygulanarak farklı balık ve et türlerinde benzer ürünler elde edebilmek mümkündür. Deri, kemik, iç organların ayrılması sonucu ortaya çıkan et parçacıkları yeniden yapılandırma işlemi ile değer kazanabilmektedir. İlerleyen çalışmalarda ekonomik değeri düşük balık türlerine ait etler kullanılabilir ya da sevilerek tüketilen balıkların kendisi ya da parça halindeki yan ürünleri yeniden yapılandırma işlemine tabi tutulabilecektir. Tez çalışmasına benzer bir iş akışı ile farklı formlarda, hatta çeşnilendirilmiş ürünler üretililebilecek olup, üreticiler ve tüketiciler açısından katma değer kazanmış yeni ürünlerin ortaya çıkması sağlanabilecektir. Ülkemizde bulunan balık türlerinin farklı ülkelere farklı formlarda ulaştırılmasını sağlarken, ülkemizde bulunmayan balık türlerinin de benzer işlem basamakları uygulanarak tüketime sunulması teşvik edilebilecektir.

Yeniden yapılandırılmış su ürünleri ile tüketicilere yeni ve yüksek besleyicilik değerine sahip, farklı formlarda ürünlerin her yaştan insana sunulabilmesi mümkün kılınmaktadır. Su ürünlerinin fonksiyonel özellikleri sayesinde yeniden yapılandırılmış ürünlerin yelpazesini genişletme potansiyeli bulunmaktadır. Benzer çalışmaların arttırılması ve ülkemizde yaygınlaştırılması, hızlı yaşam tarzına paralel olarak insanların yeterli ve dengeli beslenebilmesi açısından önem arz etmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Aaron, L. and Torsten, M. 2019. Microbial transglutaminase: A new potential player in celiac disease. *Clinical Immunology*, 199: 37-43.
- Abbate, R.A., Raak, N., Boye, S., Janke, A. Rohm, H., Jaros, D. and Lederer, A. 2019. Asymmetric flow field flow fractionation for the investigation of caseins cross-linked by microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids*, 92: 117-124.
- Ahmadi, Z., Razavi, S.M.A. and Varidi, M. 2017. Sequential ultrasound and transglutaminase treatments improve functional, rheological, and textural properties of whey protein concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43: 207-215.
- Alkaya, E. and Demirer, G.N. 2016. Title: Minimizing and adding value to seafood processing wastes. *Food and Bioproducts Processing*, 100: 195-202.
- Amirdivani, S., Khorshidian, N., Fidelis, M., Granato, D., Koushki, M.R., Mohammadi M., Khoshtinat, K. And Mortazavian, A.M. 2018. Effects of transglutaminase on health properties of food products. *Current Opinion in Food Science*, 22: 74-80.
- An. Y., You, J., Xiong, S. and Yin, T. 2018. Short-term frozen storage enhances cross linking that was induced by transglutaminase in surimi gels from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chemistry*, 257: 216-222
- Andres-Bello, A., Segovia, P.G., Martinez-Monzo, J. 2010. Vacuum frying process of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 630-636.
- Andres-Bello, A., Segovia, P.G., Ramirez, J.A. and Martinez-Monzo, J. 2011. Production of cold-setting restructured fish products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using microbial transglutaminase and regular and low-salt level. *Journal of Food*, 9 (2): 121-125.
- Anuradha, S.N. and Prakash, V. 2009. Altering functional attributes of proteins through cross linking by transglutaminase – A case study with whey and seed proteins. *Food Research International*, 42: 1259-1265.
- Anonim. 1998. Association of Official Analytical Chemists 8th edn, rev. A. Gaithersburg.
- Anonim. 2016. (FAO) The state of world fisheries and aquaculture. FAO publications, Rome, 200 p.
- Anonim. 2018. European Patent Specification, Paris, France, 67 p.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 15th edn. Washington DC.

- Avila, M.D.R., Ordonez, J.A., Hoz, L., Herrero, A.M. and Cambero, M.I. 2010. Microbial transglutaminase for cold-set binding of unsalted/salted pork models. *Meat Science*, 84: 747-754.
- Basaran, P., Basaran-Akgul, N. and Rasco, B.A. 2010. Dielectric properties of chicken and fish muscle treated with microbial transglutaminase. *Food Chemistry*, 120: 361-370.
- Baugreet, S. Kerry, J.P., Brodkorb, A., Gomez, C., Auty, M., Allen, P. and Hamill, R.M. 2018. Optimisation of plant protein and transglutaminase content in novel beef restructured steaks for older adults by central composite design. *Meat Science*, 142: 65-77.
- Baumard, N. and Benjakul, S. 2019. Effect of ethanolic coconut husk extract and pre-emulsification on properties and stability of surimi gel fortified with seabass oil during refrigerated storage. *LWT- Food Science and Technology*, 108: 160-167.
- Bedane, T.F., Altin, O., Erol, B., Marra, F. and Erdogdu, F. 2018. Thawing of frozen food products in a staggered through-field electrode radio frequency system: A case study for frozen chicken breast meat with effects on drip loss and texture. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50: 139-147.
- Benjakul, S., Phatcharat, S., Tammattinna, A., Visessanguan, W. and Kishimura, H. 2008. Improvement of gelling properties of lizardfishmince as influenced by microbial and fish freshness. *Journal of Food Science*, 73 (6): 239-246.
- Bhokisham, N., Pakhchanian, H., Quan, D., Tschihart, T., Tsao, C.Y., Payne, G.F. and Bentley, W.E. 2016. Modular construction of multi-subunit protein complexes using engineered tags and microbial transglutaminase. *Metabolic Engineering*, 38: 1-9.
- Björkevoll, I., Reboredo, R.G. and Fossen, I. 2017. Effect of polyphosphates on the quality of frozen light salted cod (*Gadus morhua* L.) fillets. *Food Control*, 78: 357-365.
- Bozkır, H., Baysal, T. ve Ergün, A.R. 2014. Gıda endüstrisinde uygulanan yeni çözündürme teknikleri. *Akademik Gıda*, 12 (3): 38-44.
- Butler, L.J., Janulewicz, P.A., Carwile, J.L., White, R.F., Winter, M.R. and Aschengrau, A. 2017. Childhood and adolescent fish consumption and adult neuropsychological performance: An analysis from the Cape Cod Health Study. *Neurotoxicology and Teratology*, 61: 47-57.
- Calanche, J., Tomas, A., Martinez, S., Jover, M., Alonso, V., Roncales, P. and Beltran, J.A. 2019. Relation of quality and sensory perception with changes in free amino acids of thawed seabream (*Sparus aurata*). *Food Research International*, 119: 126-134.

- Calder, P.C. 2018. Very long-chain n-3 fatty acids and human health: fact, fiction and the future. *Proceedings of the Nutrition Society*, 77: 52-72.
- Can, Ö.P. ve Çoban, E. 2012. Aynalı sazan balığı (*Cyprinus carpio carpio* L., 1758) kıymasından hazırlanan köftelerin raf ömrü üzerine timol'ün etkisi. *Etlik veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 23: 9-14
- Canto, A.C.V.C.S., Lima, B.R.C.C., Suman, S.P., Lazaro, C.A., Monteiro, M.L.G., Conte-Junior, C.A., Freitas, M.Q., Cruz, A.G., Santos, E.B. and Silva, T.J.P. 2014. Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. *Meat Science*, 96: 623-632.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. 2010. Effect of salt and MTGase on the production of high quality gels from farmed sea bass. *Journal of Food Engineering*, 101: 98-105.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. 2011a. Production of high quality gels from sea bass: Effect of MTGase and dietary fibre. *LWT- Food Science and Technology*, 44: 1282-1290.
- Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. 2011b. Chemical reagents as probes: Application to fish protein gels and detection of a cysteine TGase in hake. *LWT- Food Science and Technology*, 44: 825-833.
- Cardoso, C., Ribeiro, B. and Mendes, R. 2012a. Effects of dietary fibre and microbial transglutaminase addition on the rheological and textural properties of protein gels from different fish species. *Journal of Food Engineering*, 113: 520-526.
- Cardoso, C.L., Mendes, R.O., Vaz-Pirez, P. and Nunes, M.L. 2012b. Quality differences between heat-induced gels from farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Chemistry*, 131: 660-666.
- Castillejos, G.R., Leon, J.R., Vazquez, G.B. and Ruiz, O.C. 2017. Properties of fish and beef restructured by mtgase derived from streptomyces mobaraensis grown in media based on enzymatic hydrolysates of sorghum. *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, 35: 517-521.
- Ceylan, Z., Sengor, G.F.U., Sağdıç, O. and Yilmaz, M.T. 2017. A novel approach to extend microbiological stability of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets coated with electrospun chitosan nanofibers. *LWT- Food Science and Technology*, 79: 367-375.
- Chanarat, S. and Benjakul, S. 2013. Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. *Food Chemistry*, 136: 929-937.

- Chen, C., Takahashi, K., Geonzon, L., Okazaki, E. and Osaka, K. 2019. Texture enhancement of salted Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) roe using microbial transglutaminase. *Food Chemistry*, 290: 196-200.
- Chen, S.D., Chen, H.H., Chao, Y.C. and Lin, R.S. 2009. Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering*, 95: 359-364.
- Chen, L. and Opara, U.L. 2013a. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A Review. *Food Research International*, 51: 823-835.
- Chen, L. and Opara U.L. 2013b. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods-A review. *Journal of Food Engineering*, 119: 497-507.
- Choi, Y.S., Jeong, T.J., Hwang, K.E., Song, D.H., Ham, Y.K., Kim, H.W., Kim, Y.B. and Kim, C.J. 2016. Combined effects of *Laminaria japonica* and transglutaminase on physicochemical and sensory characteristics of semi-dried chicken sausages. *Poultry Science Association Inc*, 1: 1943- 1949.
- Cofrades, S., Lopez, L.L., Ruiz-Capillas, C., Triki, M. and Jimenez-Colmenero, F. 2011. Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Science*, 87: 373-380.
- Corrado, S., Caldeira, C., Eriksson, M., Hanssen, O.J., Hauser, H.E., Holstein, F., Liu, G., Östergren, K., Parry, A., Secondi, L. vd. 2019. Food waste accounting methodologies: Challenges, opportunities, and further advancements. *Global Food Security*, 20-93-100.
- Cakli, S., Kilinc, B. Cadun, A., Dincer, T. and Tolasa, S. 2007. Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. *Food Control*, 18: 391-397.
- Çokgezme, Ö.F. ve İçier, F. 2016. Dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde alternatif bir yöntem: Ohmik çözündürme. *Akademik Gıda*, 14 (2): 166-171.
- Damodaran, S. 2005. Protein Stabilization of Emulsions and Foams. *Journal of Food Science*, 70: 54-66.
- Dawczynski, C., Schubert, R. And Jahreis, G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103: 891-899.
- Dimitrakopoulou, M.A., Ambrosiadis, J.A., Zetou, F.K. and Bloukas, J.G. 2005. Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Meat Science*, 70: 743-749.
- Ding, Y., Lin, H.W., Lin, Y.L., Yang, D.J., Yu, Y.S., Chen, J.W., Wang, S.Y. and Chen, Y.C. 2018. Nutritional composition in the chia seed and its processing properties

- on restructured ham-like products. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26: 124-134.
- Djoullah, A., Husson, F. and Saurel, R. 2017. Gelation behaviors of denaturated pea albumin and globulin fractions during transglutaminase treatment. *Food Hydrocolloids*, 1: 1-10.
- Domiszewski, Z., Bienkiewicz, G. and Plust, D. 2011. Effects of different heat treatments on lipid quality of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 10 (3): 359-373.
- Drusch, S. 2007. Sugar beet pectin: A novel emulsifying wall component for microencapsulation of lipophilic food ingredients by spray-drying. *Food Hydrocolloids*, 21: 1223-1228.
- Drusch, S., Serfert, Y. and Schwarz, K. 2006. Microencapsulation of fish oil with n-octenylsuccinate-derivatised starch: Flow properties and oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108: 501-512.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 381 s.
- Fang, M., Xiong, S., Hu, Y., Yin, T. and You, J. 2019. In vitro pepsin digestion of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi gels after cross-linking by Microbial Transglutaminase (MTGase). *Food Hydrocolloids*, 95: 152-160.
- Fatima, S.W., Tiwari, R. And Khare, S.K. 2019. Utilization of agro-industrial waste for production of Transglutaminase from *Streptomyces mobaraensis*. *Bioresource Technology*, 287: 121391.
- Fattouch, S., Sadok, S., Raboudi-Fattouch, F. and Slama, M.B. 2008. Damage inhibition during refrigerated storage of mackerel (*Scomber scombrus*) fillets by a presoaking in quince (*Cydonia oblonga*) polyphenolic extract. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 2056-2064.
- Feng, K., Li, H., Deng, Z., Wang, Q., Zhang, Y. and Zheng, C. 2020. Effect of pre-fermentation types on the potential of methane production and energy recovery from food waste. *Renewable Energy*, 146: 1588-1595.
- Feng, L., Jia, X., Zhu, Q., Liu, Y., Li, J. and Yin, L. 2018. Investigation of the mechanical, rheological and microstructural properties of sugar beet pectin /soy protein isolate-based emulsion-filled gels. *Food Hydrocolloids*, 89: 813-820.
- Fosnacht, A.M., Patel, S., Yucus, C., Pham, A., Rasmussen, E., Frigerio, R., Walters, S. and Maragonore, D. 2017. From brain disease to brain health: primary prevention of alzheimer's disease and related disorders in a health system

- using an electronic medical record-based approach. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*, 4 (3): 157-164.
- Fuentes, A., Fernandez-Segovia, I., Barat, J.M. and Serra, J.A. 2011. Influence of sodium replacement and packaging on quality and shelf life of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 44: 917-923.
- Fulkerson, J.A. 2018. Fast food in the diet: Implications and solutions for families. *Physiology & Behavior*, 193: 252-256.
- Gadekar, Y.P., Sharma, B.D., Shinde, A.K., Verma, A.K. and Mendiratta, S.K. 2014. Effect of natural antioxidants on the quality of cured, restructured goat meat product during refrigerated storage ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ). *Small Ruminant Research*, 119: 72-80.
- Gajsek, M., Jancic, U., Vasic, K., Knez, Z. and Leitgeb, M. 2019. Enhanced activity of immobilized transglutaminase for cleaner production technologies. *Journal of Cleaner Production*, 240: 118218.
- Garcia, M.R., Cabo, M.L., Herrera, J.R., Fernandez, G.R., Alonso, A.A. and Balsacanto, E. 2017. Smart sensor to predict retail fresh fish quality under ice storage. *Journal of Food Engineering*, 197: 87-97.
- Garcia-Herrero, I., Margallo, M., Laso, J., Battle-Bayer, L., Bala, A., Fullana-i-Palmer, P., Vazquez-Rowe, I., Gonzalez, M.J., Amo-Satien, F., Dura, M.J., Sarabia, C., Abajas, R., Quinones, A., Irabien, A. and Aldaco, R. 2019. Nutritional data management of food losses and waste under a life cycle approach: Case study of the Spanish agri-food system. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82: 103223.
- Gaspar, A.L.C. and Goes-Favoni, P. 2015. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food chemistry*, 171: 315-322.
- Geng, J.T., Kaido, T., Kasukawa, M., Takahashi, K., Okazaki, E. and Osaka, K. 2017. The influence of proteases on the browning of dried squid products processed by air-drying. *Food Research International*, 97: 231-239.
- Ghaitaranpour, A., Mohebbi, M. and Koocheki, A. 2018. Characterizing the cellular structure of air and deep fat fried doughnut using image analysis techniques. *Journal of food engineering*, 237: 231-239.
- Gharibzahedi, S.M.T. and Chronakis, I.S. 2018. Crosslinking of milk proteins by microbial transglutaminase: Utilization in functional yogurt products. *Food Chemistry*, 245: 620-632.
- Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Gubanenko, G.A., Demirchieva, S.M. and Kalachova, G.S. 2007. Effect of boiling and frying on the content of essential

- polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. *Food Chemistry*, 101: 1694-1700.
- Gomez-Guillen, M.C., Montero, P., Solas, M.T. and Perez-Mateos, M. 2005. Effect of chitosan and microbial transglutaminase on the gel forming ability of horse mackerel (*Trachurus spp.*) muscle under high pressure. *Food Research International*, 18: 103-110.
- Gonçalves, A.A. and Passos, M.G. 2010. Restructured Fish Product from White Croacker (*Micropogonias furnieri*) Mince Using Microbial Transglutaminase. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, 53 (4): 987-995.
- Gökoğlu N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 157 s.
- Grossi, A., Bolumar, T., Soltoft-Jensen, J. and Orlie, V. 2014. High pressure treatment of brine enhanced pork semitendinosus: Effect on microbial stability, drip loss, lipid and protein oxidation, and sensory properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22: 11-21.
- Gosh, R. And Eriksson, M. 2019. Food waste due to retail power in supply chains: Evidence from Sweden. *Global Food Security*, 20: 1-8.
- Guo, X., Shi, L., Xiong, S., Hu, Y., You, J., Huang, Q. And Yin, T. 2019. Gelling properties of vacuum-freeze dried surimi powder as influenced by heatin method and microbial transglutaminase. *LWT- Food Science and Technology*, 99: 105-111.
- Haddad, G:B.S., Moura, A.P.C., Fontes, P.R., Cunha, S.F.V., Ramos, A.L.S. and Ramos, E.M. 2018. The effects of sodium chloride and PSE meat on restructured cured smoked pork loin quality: A response surface methodology study. *Meat Science*, 137: 191-200
- Hafezparast-Moadab, N., Hamdami, N., Dalvi-Isfahan, M. and Farahnaky, A. 2018. Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47: 81-87.
- Hamazaki, K., Tsuchida, A., Takamori, A., Tanaka, T., Ito, M., Inadera, H. and Japan Environment and Children's Study Goup (JECS). 2019. Dietary intake of fish and  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids and physician-diagnosed allergy in Japanese population: The Japan Environment and Children's Study. *Nutrition*, 61: 194-201.
- He, H.J., Wu, D. and Sun, D.W. 2014. Rapid and non-destructive determination of drip loss and pH distribution in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets using visible and near-infrared (Vis-NIR) hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 156: 394-401.

- Heck, T., Faccio, G., Richter, M. and Thöny-Meyer, L. 2013. Enzyme-catalyzed protein crosslinking. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 461-475.
- Heil, A., Ohsam, J., Büchold, C., Pasternack, R., Yokoyama, K., Kamazawa, Y. and Hills, M. 2016. Microbial transglutaminase has a lower deamidation preference than human tissue transglutaminase on a celiac disease relevant wheat gliadin T-cell epitope. *Journal of Cereal Science*, 70: 47-56.
- Hu, Y., Shao, Y., Wu, C., Yuan, C., Ishimura, G., Liu, W. And Chen, S. 2018.  $\gamma$ -PGA and MTGase improve the formation of  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamyl) lysine cross-link within hairtail (*Trichiurus haumela*) surimi protein. *Food Chemistry*, 242: 330-337.
- Hu, Y., Wenjuan, L., Yuan, C., Morioka, K., Chen, S., Liu, D. and Ye, X. 2015. Enhancement of the gelation properties of hairtail (*Trichiurus haumela*) muscle protein with curdlan and transglutaminase. *Food Chemistry*, 176: 115-122.
- Huang, R., Sang, N., Luo, D. and Tang, Q. 2011. Image segmentation via coherent clustering in  $L^*a^*b^*$  color space. *Pattern Recognition Letters*, 32: 891-902.
- Hong, G.P. and Xiong, Y.L. 2012. Microbial transglutaminase-induced structural and rheological changes of cationic and anionic myofibrillar proteins. *Meat Science*, 91: 36-42.
- Igathinathane, C., Pordesimo, L.O. and Batchelor, W.D. 2009. Major orthogonal dimensions measurement of food grains by machine vision using ImageJ. *Food Research International*, 42: 76-84.
- Isleroglu, H. and Turker, I. 2019. Thermal inactivation kinetics of microencapsulated microbial transglutaminase by ultrasonic spray-freeze drying. *LWT- Food Science and Technology*, 101: 653-662.
- Isleroglu, H., Turker, I., Tokatli, M. and Koc, B. 2018. Ultrasonic Spray-Freeze Drying of Partially Purified Microbial Transglutaminase. 111: 153-164.
- Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G.S., Sharma, S., Marchand, L.L. and Tsugane, S. 2010. Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by Brazilian methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 61-69.
- Jackson, K.H., Polreis, J.M., Tintle, N.L., Kris-Etherton, P.M. and Harris, W.S. 2019. Association of reported fish intake and supplementation status with the omega-3 index. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)*, 142: 4-10.
- Jia, R., Jiang, Q.J., Kanda, M., Tokiwa, J., Nakazawa, N. and Osako, K. 2019. Effects of heating processes on changes in ice crystal formation, water holding capacity, and physical properties of surimi gels during frozen storage. *Food Hydrocolloids*, 90: 254-265.

- Jin, M., Chen, Z., Wang, Z., Huang, J., Chang, Z. and Gao, H. 2018. Separation of two microbial transglutaminase isomers from *Streptomyces mobaraensis* using pH-mediated cation exchange chromatography and their characterization. *Journal of Chromatography B*, 1097-1098: 111-118.
- Jira, W. and Schwagele, F. 2017. A sensitive high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry method for the detection of microbial transglutaminase in different types of restructured meat. *Food Chemistry*, 221: 1970-1978.
- Juarez-Enriquez, E., Olivas, G.I., Ortega-Rivas, E., Zamudio-Flores, P.B., Perez-Vega, S. and Sepulveda, D.R. 2019. Water activity, not moisture content, explains the influence of water on powder flowability. *LWT*, 100: 35-39.
- Kaale, L.D., Eikevik, T.M., Rustad, T. and Nordtvedt, T.S. 2014. Changes in water holding capacity and drip loss of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle during superchilled storage. *LWT- Food Science and Technology*, 55: 528-535.
- Kaewprachu, P., Osako, K., Tongdeesontorn, W. And Rawdkuen, S. 2017. The effects of microbial transglutaminase on the properties of fish myofibrillar protein film. *Food Packaging and Shelf Life*, 12: 91-99.
- Kaewudom, P., Benjakul, S. and Kijroongrojana, K. 2013. Properties of surimi gel as influenced by fish gelatin and microbialtransglutaminase. *Food Bioscience*, 1: 39-47.
- Kalogeropoulos, N., Chiou, A., Mylona, A., Ioannou, M.S. and Andrikopoulos, N.K. 2007. Recovery and distribution of natural antioxidants ( $\alpha$ -tocopherol, polyphenols and terpenic acids) after pan-frying of Mediterranean finfish in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 100: 509-517.
- Kalogeropoulos, N., Karavoltsos, S., Sakellari, A., Avramidou, S., Dassenakis, M. and Scoullou, M. 2012. Heavy metals in raw, fried and grilled Mediterranean finfish and shellfish. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 3702-3708.
- Kang, H.Y. and Chen, H.H. 2015. Improving the crispness of microwave-reheated fish nuggets by adding chitosan-silica hybrid microcapsules to the batter. *LWT- Food Science and Technology*, 9: 1-6
- Karayakannakidis, P.D., Zotos, A., Petridis, D. and Taylor, A. 2008. Physicochemical changes of sardines (*Sardina pilchardus*) at  $-18^{\circ}\text{C}$  and functional properties of kamaboko gels enhanced with  $\text{Ca}^{2+}$  ions and MTGase. *Journal of Food Process Engineering*, 31: 372-397.
- Kasza, G., Bodi-Szabo, B., Lakner, Z. and Izso, T. 2018. Balancing the desire to decrease food waste with requirements of food safety. *Trends In Food Science & Technology*, 84: 74-76.

- Keillor, J.W., Clouthier, C.M., Apperley, K.Y.P., Akbar, A. and Mulani, A. 2014. Acyl transfer mechanisms of tissue transglutaminase. *Bioorganic Chemistry*, 57: 186-197.
- Kılınç, B., Caklı, S., Cadun, A., Dincer, T. and Tolasa, S. 2007. Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4°C. *Food Chemistry*, 104: 1611-1617.
- Korkut, A.Y., Kop, A., ve Demir, P. 2007. Balık Yemlerinde Kullanılan Balık Yağı ve Özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, (1-2): 195-199.
- Kudre, T.,G. and Benjakul, S. 2013. Combining Effect of Microbial Transglutaminase and Bambara Groundnut Protein Isolate on Gel Properties of Surimi from Sardine (*Sardinella albella*). *Food Biochemistry*, 18: 49-58.
- Lerfall, J., Roth, B., Skare, E.F., Henriksen, A., Betten, T., Dziatkowiak-Stefaniak, M.A. and Rotabakk, B.T. 2015. Pre-mortem stress and the subsequent effect on flesh quality of pre-rigor filleted Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during ice storage. *Food Chemistry*, 175: 157-165.
- Li, J., Zhao, A., Li, D. and He, Y. 2019. Comparative study of the free amino acid compositions and contents in three different botanical origins of *Coptis* herb. *Biochemical Systematics and Ecology*, 83: 117-120.
- Liu, C., Damodaran, S. and Heinonen, M. 2019. Effects of microbial transglutaminase treatment on physicochemical properties and emulsifying functionality of faba bean protein isolate. *LWT- Food Science and Technology*, 99: 396-403.
- Liu, J., Cui, Y., Li, L., Wu, L., Hanlon, A., Martin, J.P., Raine, A. and Hibbeln, J.R. 2017. The mediating role of sleep in the fish consumption–cognitive functioning relationship: a cohort study. *Scientific Reports*, 7: 17961.
- Limbo, S., Sinelli, N., Torri, L. and Riva, M. 2009. Freshness decay and shelf life predictive modelling of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) applying chemical methods and electronic nose. *LWT- Food Science and Technology*, 42: 977-984.
- Litwack, G. 2018. Human Biochemistry, Chapter 13 - Metabolism of Amino Acids. Academic Press, pp. 359-394.
- Luo, X., Li, J., Yan, W., Liu, Y., Yin, T., You, J., Du, H., Xiong, S. and Hu, Y. 2020. Physicochemical changes of MTGase cross-linked surimi gels subjected to liquid nitrogen spray freezing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160: 642-651.

- Ma, X.S., Yi, S.M., Yu, Y.M., Li, J.R. and Chen, J.R. 2015. Changes in gel properties and water properties of *Nemipterus virgatus* surimi gel induced by high-pressure processing. *LWT- Food Science and Technology*, 61: 377-384.
- Machado, T.M., Neiva, C.R.P., Noffri, R.I., Casarini, L.M., Quinones, E.M., Cunha, M.G. and Venturini, A.C. 2014. Utilização da enzima transglutaminase em medalhões de aparas e cms de espinhaço DE TILÁPIA. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40 (4): 617-627.
- Manthey, M., Karnop, G. and Rehbein H. 1988. Quality changes of european catfish (*Silurus glanis*) from warm water aquaculture during storage in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 23, 1-9.
- Martelo-Vidal, M.J., Guerra-Rodriguez, E., Pita-Calvo, C. and Vazquez, M. 2016a. Reduced-salt restructured European hake (*Merluccius merluccius*) obtained using microbial transglutaminase. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 38: 182-188.
- Martelo-Vidal, M.J., Fernandez-No, I.C., Guerra-Rodeiguez E. and Vazquez, M. 2016b. Obtaining reduced-salt restructured white tuna (*Thunnus alalunga*) mediated by microbial transglutaminase. *LWT- Food Science and Technology*, 65: 341-348.
- Martinez, O., Salmeron, J., Guillen, M.D. and Casas, C. 2004. Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavourings. *Food Control*, 15: 457-461.
- Mazzeo, M.F., Bonavita, R., Maurano, F., Bergamo, P., Siciliano, R.A. and Rossi, M. 2013. Biochemical modifications of gliadins induced by microbial transglutaminase on wheat flour. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1830: 5166-5174.
- McCrary, M.A., Harbaugh, A.G., Appeadu, S. and Roberts, S.B. 2019. Fast-Food Offerings in the United States in 1986, 1991, and 2016 Show Large Increases in Food Variety, Portion Size, Dietary Energy, and Selected Micronutrients. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 119: 923-933.
- Mo, W.Y., Man, Y.B. and Wong M.H. 2018. Use of food waste, fish waste and food processing waste for China's aquaculture industry: Needs and challenge. *Science of the Total Environment*, 613-614: 635-643.
- Molina, B., Saezi, M.I., Martinez, T.F., Guil-Guerrero, J.L. and Suarez, M.D. 2014. Effect of ultraviolet light treatment on microbial contamination, some textural and organoleptic parameters of cultured sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 205-213.
- Moradi, M., Tajik, H., Almasi, H., Forough, M. and Ezati, P. 2019. A novel pH-sensing indicator based on bacterial cellulose nanofibers and black carrot anthocyanins for monitoring fish freshness. *Carbohydrate Polymers*, 222: 115030.

- Moreno, H.M., Carballo, J. and Borderias, A.J. 2008. Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1529-1536.
- Moreno, H.M., Borderias, A.J., Baron, C.P. 2010a. Evaluation of some physico-chemical properties of restructured trout and hake mince during cold gelation and chilled storage. *Food Chemistry*, 120: 410-417.
- Moreno, H.M., Carballo, J., Bordeias, A.J. 2010b. Use of microbial transglutaminase and sodium alginate in the preparation of restructured fish models using cold gelation: Effect of frozen storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 394-400.
- Moreno, H., Carballo, J. and Borderias, J. 2013. Raw-appearing restructured fish models made with sodium alginate or microbial transglutaminase and effect of chilled storage. *Food Science and Technology*, 33 (1): 137-145.
- Moreno, H.M., Bargiela, V., Tovar, C.A., Cando, D., Borderias, A.J. and Herranz, B. 2015. High pressure applied to frozen flying fish (*Parexocoetus brachyterus*) surimi: Effect on physicochemical and rheological properties of gel. *Food Hydrocolloids*, 48: 127-134.
- Motoki, M. and Kumazawa, Y. 2000. Recent Research Trends in Transglutaminase Technology for Food Processing. *Food Science and Technology Research*, 6 (3): 151-160.
- Motoki, M. and Seguro, K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Food Science & Technology*, 6 (3): 151-160.
- Mu, G., Bergsson, A.B., Jonsson, A. and Thorarinsdottir, K.A. 2017. The effects of ambient temperature and holding time during processing on drip of saithe (*Pollachius virens*) and deepwater redfish (*Sebastes mentella*) fillets. *Journal of Food Engineering*, 200: 40-46.
- Nathanailides, C., Panopoulos, S., Kakali, F., Karipoglou, C. and Lenas, D. 2011. Antemortem and postmortem biochemistry, drip loss and lipid oxidation of European sea bass muscle tissue. *Procedia Food Science*, 1: 1099-1104.
- Neuhauser, S. and Handler, J. 2013. Colour analysis of the equine endometrium: Comparison of spectrophotometry and computer-assisted analysis of photographs within the L\*a\*b\* colour space system. *The Veterinary Journal*, 197: 753-760.
- Niven, P., Morley, B., Dixon, H., Martin, J., Jones, A., Petersen, K and Wakefield, M. 2019. Effects of health star labelling on the healthiness of adults' fast food meal selections: An experimental study. *Appetite*, 136: 146-153.

- Ochrem, A.S., Zychlinska-Buczek, J. and Zapletal, P. 2015. Carp (*Cyprinus carpio* L.) lipid oxidation during cold storage. *Archives of Polish Fisheries*, 23: 101-106.
- Oteng-Pabi, S.K. and Keillor, J.W. 2013. Continuous enzyme-coupled assay for microbial transglutaminase activity. *Analltical Biochemistry*, 441: 169-173.
- Otero, L. Perez-Mateos, M. Holgado, F., Marquez-Ruiz, G. and Lopez-Caballero, M.E. 2019. Hyperbaric cold storage: Pressure as an effective tool for extending the shelflife of refrigerated mackerel (*Scomber scombrus*, L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 51: 41-50.
- Öksüz, A., Alkan, Ş.B., Taşkın, H. ve Ayrancı, M. 2017. Yaşam boyu sağlıklı ve dengeli beslenme için balık tüketiminin önemi. *Food and Health*, 4: 43-62.
- Özçelik, A.T., Ersöz, F. and İnan, M. 2019. Extracellular production of the recombinant bacterial transglutaminase in *Pichia pastoris*. Extracellular production of the recombinant bacterial transglutaminase in *Pichia pastoris*. *Protein Expression and Purification*, 159: 83-90.
- Özoğul, Y., Durmus, M., Ucar, Y., Özoğul, F. and Regenstien, J.M. 2016. Comparative study of nanoemulsions based on commercial oils (sunflower, canola, corn, olive, soybean, and hazelnut oils): Effect on microbial, sensory, and chemical qualities of refrigerated farmed sea bass. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33: 422-430.
- Papadopoulos, V. Chouliara, I. Badeka, A., Savvaiddis, I.N. and Kontominas, M.G. 2003. Effect of gutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. *Food Microbiology*, 20: 411-420.
- Paula, M.M.O., Haddad, G.B., Rodrigues, L.M. Benevenuto, J., Ramos, A.L.S. and Ramos, E.M. 2019. Effects of PSE meat and salt concentration on the technological and sensory characteristics of restructured cooked hams. *Meat Science*, 152: 96-103.
- Paula, A.M. and Conti-Silva, A.C. 2014. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 9-14.
- Pazo, T.O., Antelo, L.T., Franco-Uria, A., Perez-Martin, R.I., Sotelo, C.G. and Alonso, A.A. 2014. Fish discards management in selected Spanish and Portuguese métiers: Identification and potential valorisation. *Food Science & Technology*, 36: 29-43.
- Perez-Santaescolastica, C., Carballo, J., Fulladosa, E., Garcia-Perez, J.V., Benedito, J. and Lorenzo, J.M. 2018. Application of temperature and ultrasound as corrective

- measures to decrease the adhesiveness in dry-cured ham. Influence on free amino acid and volatile compound profile. *Food Research International*, 114: 140-150.
- Rabie, M., Livia, S.S., Hassan, S., Soher, E. and Ahmed-Adel, E.B. 2009. Changes in free amino acids and biogenic amines of Egyptian salted-fermented fish (Feseekh) during ripening and storage. *Food Chemistry*, 115: 635-638.
- Raeisi, S., Sharifi-Rad, M., Quek, S.Y., Shanbanpour, B. And Sharifi-Rad, J. 2016. Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of shallot (*Allium ascalonicum* L.) fruit and ajwain (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague) seed extracts in semi-fried coated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets for shelf-life extension. *LWT- Food Science and Technology*, 65: 112-121.
- Rahman, M.S. and Al-Farsi, S.A. 2005. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content. *Journal of Food Engineering*, 66: 505-511.
- Ramirez, J.A., Rodriguez-Sosa, R., Morales, O.G. and Vazquez, M. 2000. Surimi gels from striped mullet (*Mugil cephalus*) employing microbial transglutaminase. *Food Chemistry*, 70: 443-449.
- Ramirez, J., Uresti, R., Tellez, S. and Vazquez, M. 2002. Using Salt and Microbial Transglutaminase as Binding Agents in Restructured Fish Products Resembling Hams. *Food Engineering and Physical Properties*, 67: 1778-1784.
- Ramirez, J.A. and Angel, A.D. 2006. Production of low-salt restructured fish products from Mexican flounder (*Cyclopsetta chittendeni*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as binders. *European Food Research Technology*, 223: 341-345.
- Renzetti, S. and Jurgens, A. 2016. Rheological and thermal behavior of food matrices during processing and storage: relevance for textural and nutritional quality of food. *Current Opinion in Food Science*, 9: 117-125.
- Rezaei, M. and Lui, B. 2017. Food loss and waste in the food supply chain. *Nutfruit*, 1: 26-27.
- Ribeiro, A.T., Elias, M., Teixeira, B., Pires, C., Duarte, R., Saraiva, J.A. and Mendes, R. 2018. Effects of high pressure processing on the physical properties of fish ham prepared with farmed meagre (*Argyrosomus regius*) with reduced use of microbial transglutaminase. *LWT- Food Science and Technology*, 96: 296-306.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A. and Diaz, O. 2013. Effects of microbial transglutaminase added edible coatings based on heated or ultrasound-treated whey proteins in physical and chemical parameters of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Engineering*, 119: 433-438.

- Romani, V.P., Machado, A.V., Olsen, B.D. and Martins, V.G. 2018. Effects of pH modification in proteins from fish (Whitemouth croaker) and their application in food packaging films. *Food Hydrocolloids*, 74: 307-314.
- Romeih, E. and Walker, G. 2017. Recent advances on microbial transglutaminase and dairy application. *Trends In Food Science & Technology*, 62: 133-140.
- Ruiz-Capillas, C., Cofrades, S., Serrano, A. and Jimenez-Colmenero, F. 2004. Biogenic Amines in Restructured Beef Steaks as Affected by Added Walnuts and Cold Storage. *Journal of Food Protection*, 67: 607-609.
- Saldana, E., Behrens, J.H., Serrano, J.S., Ribiero, F., Almeida, M.A. and Contreras-Castillo, C.J. 2015. Microstructure, texture profile and descriptive analysis of texture for traditional and light mortadella. *Food Structure*, 6: 13-20.
- Salihlioglu, G., Salihlioglu, N.K., Ucaroglu, S. and Banar, M. 2018. Food loss and waste management in Turkey. *Bioresource technology*, 248: 88-99
- Schneider, C.A., Rasband, W.S. and Eliceiri, K.W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods*, 9(7): 671-675.
- Schindelin, J., Rueden, C.T. and Hiner, M.C. 2015. The ImageJ ecosystem: An open platform for biomedical image analysis. *Molecular Reproduction and Development*. 82 (7-8): 518-29.
- Schindelin, J., Arganda-Carreras, I. and Frise, E. 2012. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature methods*, 9(7): 676-682.
- Schormuller, J. 1968. Handbuch der Lebensmittelchemie. Band III/2. Teil Springer-Verlag Berlin, pp. 1482-1537 .
- Secci, G., Borgogno, M., Mancini, S., Paci, G. and Parisi, G. 2017. Mechanical separation process for the value enhancement of Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*), a discard fish. *Innovative Food Science Emerging*, 39: 13-18.
- Serrano, A., Cofrades, S. and Colmenero, F.J. 2004. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. *Food Chemistry*, 85: 423-429.
- Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. 2018. Bioactives From Seafood Processing By-Products. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Elsevier, Amsterdam, pp. 280-288.
- Sharifzadeh, S., Clemmensen, L.H., Borggaard, C., Stoier, S. and Ersboll, B.K. 2014. Supervised feature selection for linear and non-linear regression of L\*a\*b\* color from multispectral images of meat. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 27: 211-227.

- Shi, J., Lei Y., Shen, H., Hong, H., Yu, X., Zhu, B. And Luo, Y. 2019. Effect of glazing and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on preservation of mud shrimp (*Solenocera melantho*) during frozen storage. *Food Chemistry*, 272-: 604-612.
- Sorapukdee, S. and Tangwatcharin, P. 2018. Quality of steak restructured from beef trimmings containing microbial transglutaminase and impacted by freezing and grading by fat level. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 1: 129-137.
- Sun, X.D. 2009. Utilization of restructuring technology in the production of meat products: a review. *CyTA Journal of Food*, 7 (2): 153-162
- Sun, W., Li, H., Wang, H., Xiao, S., Wang, J. and Feng, L. 2015. Sensitivity enhancement of pH indicator and its application in the evaluation of fish freshness. *Talanta*, 143: 127-131.
- Tammattina, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Tanaka, M. 2007. Gelling properties of white shrimp (*Penaeus vannamei*) meat as influenced by setting condition and microbial transglutaminase. *LWT- Food Science and Technology*, 40: 1489-1497.
- Tellez-Luis, S.J., Uresti, R.M., Ramirez, J.A. and Vazquez, M. 2002. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 953-959.
- Thompson, C., Ponsford, R., Lewis, D. and Cummins, S. 2018. Fast-food, everyday life and health: A qualitative study of ‘chicken shops’ in East London. *Appetite*, 128: 7-13.
- Turan, H., Erkoyuncu, İ. ve Kocatepe, D. 2013. Omega-6, Omega-3 Yağ Asitleri ve Balık. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2: 45-60.
- Tzikas, Z., Soultos, N., Ambrosiadis, I., Lazaridou, A. and Georgakis, S.P. 2015. Production of low-salt restructured Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using microbial transglutaminase/caseinate system. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 66: 147-160.
- UIPAC. 1987. Standart Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. Bank Court Chambers, 2-3 Pound Way, Oxford, Great Britain, 151 s.
- Uresti, R.M., Ramirez, J.A., Lopez-Arias, N. and Vazquez, M. 2003. Negative effect of combining microbial transglutaminase with low methoxyl pectins on the mechanical properties and colour attributes of fish gels. *Food Chemistry*, 80: 551-556.
- Uresti, R.M., Tellez-Luis, S.J., Ramirez, J.A. and Vazquez. 2004. Use of dairy proteins and microbial transglutaminase to obtain low-salt fish products from filleting waste from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chemistry*, 86: 257-262.

- Uresti, R.M., Velazquez, G., Vazquez, M., Ramirez, J.A. and Torres, J.A. 2006. Effects of combining microbial transglutaminase and high pressure processing treatments on the mechanical properties of heat-induced gels prepared from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). *Food Chemistry*, 94: 202-209.
- Villca, G. Justel, F.J., Jimenez, Y.P. 2020. Water activity, density, sound velocity, refractive index and viscosity of the  $\{(NH_4)_6Mo_7O_{24} + \text{poly(ethylene glycol)} + H_2O\}$  system in the temperature range from 313.15 to 333.15 K: experiment and modelling. *Journal of Pre-proofs*, 142:
- Vodyanitskii, Y.N. and Savichev, A.T. 2017. The influence of organic matter on soil color using the regression equations of optical parameters in the system CIE- $L^*a^*b^*$ . *Annals of Agrarian Science*, 1: 1-6
- Yanagitsuru, Y.R., Hewitt, C.R., Gam, L.T.H., Phuong-Linh, P., Rodgers, E.M., Wang, T., Bayley, M., Huong, D.T.T., Phuong, N.T. and Brauner, C.J. 2019. Effect of water pH and calcium on ion balance in five fish species of the Mekong Delta. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 232: 34-39.
- Yang, X. and Zang, Y. 2019. Expression of recombinant transglutaminase gene in *Pichia pastoris* and its uses in restructured meat products. *Food Chemistry*, 291: 245-252.
- Yıldırım, A., Duran, M., Koç, M. 2018. Su aktivitesinin ve farklı kurutma sistemlerinin biyoaktif bileşenlerin stabiliteleri üzerine etkisi. *Gıda The Journal Of Food*, 43 (3): 512-522.
- Yuan, F., Lv, L., Li, Z., Mi, N., Chen, H. and Lin, H. 2017. Effect of transglutaminase catalyzed glycosylation on the allergenicity and conformational structure of shrimp (*Metapenaeus ensis*) tropomyosin. *Food Chemistry*, 219: 215-222.
- Yokoyama, S. and Hiramatsu, J.I. 2003. A modified ninhydrin reagent using ascorbic acid instead of potassium cyanide. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 95: 204-205.
- Yokoyama, K., Nio, N. and Kikuchi, Y. 2004. Properties and applications of microbial transglutaminase. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64: 447-454.
- Young, H. and Charalampopoulou, A. 2019. Dietary equivalence analysis: Quantifying the loss of food resource to marine predators from the entrapment of fish in power station cooling water systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 77: 154-161.
- Zang, X., Liu, P., Chen, Y., Wang, Y., Yu, G. and Xu, H. 2019. Improved freeze-thaw stability of o/w emulsions prepared with soybean protein isolate modified by papain and transglutaminase. *LWT- Food Science and Technology*, 104: 195-201.

- Zhang, W., Wang, W., Wang, Y., Wang, Y., Wang, X., Gao, G., Chen, G. and Liu, A. 2018. Effects of nanofiber cellulose on functional properties of heat-induced chicken saltsoluble meat protein gel enhanced with microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids*, 84: 1-8.
- Zhou, D., Wei, R., Long, H., Li, J., Qi, L. and Xu, C.C. 2020. Combustion characteristics and kinetics of different food solid wastes treatment by blast furnace. *Renewable Energy*, 145: 530-541.
- Zhu, Z., Lanier, T.C., Farkas, B.E., Li, B. 2014. Transglutaminase and high pressure effects on heat-induced gelation of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) surimi. *Journal of Food Engineering*, 131: 154-160.
- Queiros, R.P., Gouveia, S., Saraiva, J.A. and da-Silva, J.A.L. 2019. Impact of pH on the high-pressure inactivation of microbial transglutaminase. *Food Research International*, 115: 73-82.
- Wachirasiri, K., Wanlapa, S., Uttapap, D. and Rungsardthong, V. 2016. Use of amino acids as a phosphate alternative and their effects on quality of frozen white shrimps (*Penaeus vanamei*). *LWT- Food Science and Technology*, 69: 303-311.
- Wang, L. 2018. The Storage and Preservation of Seafood. Encyclopedia of Food Security and Sustainability. Elsevier, Amsterdam, pp. 619-624.
- Wang, X., Li, X., Xu, D., Zhu, Y., Cao, Y., Li, X. And Sun, B. 2019. Modulation of stability, rheological properties, and microstructure of heteroaggregated emulsion: Influence of oil content. *LWT- Food Science and Technology*, 109: 457-466.
- Waraksa, E., Kowalski, K., Rola, R., Klodzinska, E., Bienkowski, T. and Namiesnik, J. 2019. Determination of free tyrosine in equestrian supplements by LC–MS/MS and comparison of its quantity with total free amino acids content in view of doping control. *Microchemical Journal*, 146: 56-55.
- Wu, H.C., Chen, H.M. and Shiau, C.Y. 2003. Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). *Food Research International*, 36: 949-957.
- Xing, G., Giosafatto, C.V.L., Rui, X., Dong, M. and Mariniello, L. 2019. Microbial transglutaminase-mediated polymerization in the presence of lactic acid bacteria affects antigenicity of soy protein component present in bio-tofu. *Journal of Functional Foods*, 53: 292-298.

## ÖZGEÇMİŞ

**Fahrettin Gökhan Tokay**  
**gokhantokay@akdeniz.edu.tr**



## ÖĞRENİM BİLGİLERİ

|                            |                                                                                                                                              |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doktora<br>2015-2020       | Akdeniz Üniversitesi<br>Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği<br>Bölümü(Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Anabilim<br>Dalı, Antalya |
| Yüksek Lisans<br>2013-2015 | Akdeniz Üniversitesi<br>Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği<br>Bölümü(Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Anabilim<br>Dalı, Antalya |
| Lisans<br>2009-2013        | Akdeniz Üniversitesi<br>Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği<br>Bölümü, Antalya                                                   |

## ESERLER

### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. GÖKOĞLU, N., TOPUZ, O.K., GÖKOĞLU, M., TOKAY, F.G. 2017. Characterization of protein functionality and texture of tumbled squid, octopus and cuttlefish muscles. Food Measure, 11: 1699-1705 (DOI: 10.1007/s11694-017-9550-1).
2. TOKAY, F.G., YERLIKAYA, P. 2017. Shelf-life extension of fish fillets by spraying with MTGase. Journal of Aquatic Food Product Technology, 26 (8): 940-948 (DOI: 10.1080/10498850.2017.1363338).

### **Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler**

1. YATMAZ, H.A., YERLIKAYA, P., TOKAY, F.G. 2016. Effects of transglutaminase coating on the formation of biogenic amines in mackerel fillets. 46th WEFTA, Split, CROATIA, 12-14 October 2016 (Oral presentation).
2. YERLIKAYA, P., TOKAY, F.G., YATMAZ, H.A. 2016. Effect of transglutaminase on fish medallion properties cooked with different methods. Food Structure Design, Antalya, TURKEY, 26-28 October 2016.
3. TOKAY, F.G., YERLIKAYA, P., ALP, A.C. 2017. Su ürünleri tüketimi kaynaklı riskler. ICAE (International Congress of Agriculture and Environment) 2017, 16-18 November, Antalya, Turkey. 9p. (Oral presentation)
4. ALP, A.C., TOKAY, F.G., YERLIKAYA, P. 2017. Alabalık tüketiminde antibiyotik riski. ICAE (International Congress of Agriculture and Environment) 2017, 16-18 November, Antalya, Turkey. 15p.
5. TOKAY, F.G., YERLIKAYA, P. 2018. Restructured Meat Products. XIIIth International Conference of Food Physicist, 23-25 October, Antalya, P19.
6. YERLIKAYA, P., TOKAY, F.G., SAK, T., ALP, A.C., TOPUZ, O.K. 2019. Oxidative Status of Commonly Consumed Fish Species. 4th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2019) April 25-27, 2019. 349-352 (Oral presentation)

### **Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler**

1. TOKAY, F.G., YERLIKAYA, P. 2015. Su ürünleri kaynaklı alerjenler. 5. Gıda Güvenliği Kongresi, 7-8 Mayıs İstanbul, P072.
2. TOKAY, F.G., YERLIKAYA, P. 2015. Uskumru filetoları kalitesi üzerine transglutaminaz enzimi uygulamasının etkileri. 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 1-4 Eylül 2015 İzmir, P118.