

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

**DOKTORA TEZİ**

**FARKLI ORAN VE ÜRETİM AŞAMALARINDA MİKROBİYAL  
TRANSGLUTAMİNAZ İLAVESİNİN YARIM YAĞLI BEYAZ PEYNİRİN  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Leyla EREN KARAHAN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ŞANLIURFA  
2016**



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

**DOKTORA TEZİ**

**FARKLI ORAN VE ÜRETİM AŞAMALARINDA MİKROBİYAL  
TRANSGLUTAMİNAZ İLAVESİNİN YARIM YAĞLI BEYAZ PEYNİRİN  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Leyla EREN KARAHAN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ŞANLIURFA  
2016**

Prof. Dr. M. Serdar AKIN danışmanlığında, Leyla EREN KARAHAN'ın hazırladığı “**Farklı Oran ve Üretim Aşamalarında Mikrobiyal Transglutaminaz İlavesinin Yarım Yağlı Beyaz Peynirin Özellikleri Üzerine Etkileri**” konulu bu çalışma 13/05/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Prof. Dr. M. Serdar AKIN .....

Üye: Prof. Dr. Nuray GÜZELER .....

Üye: Prof. Dr. A. Ferit ATASOY .....

Üye: Doç. Dr. Oya Berkay KARACA .....

Üye: Yrd. Doç. Dr. Çağım AKBULUT .....

**Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım**

**Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.**  
**Proje No:12018**

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

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
2.1. Peynirde Verim ve Kalite Artışında Etkili Olan Faktörler.....	7
2.2. Transglutaminaz (TG) ve Mikrobiyal Transglutaminaz (MTG) Enzimi.....	8
2.3. TG ve MTG'nin Kazein ve Asit Jellerin Oluşumuna Etkisi.....	12
2.4. Süt Ürünlerinde MTG Kullanımı.....	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Süt.....	21
3.1.2. Starter kültür.....	21
3.1.3. Mikrobiyal transglutaminaz (Ca <sup>+2</sup> den bağımsız MTG).....	21
3.1.4. Peynir mayası, kalsiyum klorür, salamura tuzu ve kimyasal maddeler.....	22
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Beyaz peynir üretimi.....	22
3.2.2. Çiğ süt ve peyniraltı suyu analizleri.....	25
3.2.2.1. pH değeri.....	25
3.2.2.2. Titrasyon asitliği.....	25
3.2.2.3. Kurumadde oranı.....	25
3.2.2.4. Yağ ve yağsız kurumadde oranı.....	26
3.2.2.5. Protein oranı.....	26
3.2.2.6. Peynir randımanı.....	26
3.2.2.7. Maya miktarı.....	26
3.2.3. Peynir analizleri.....	27
3.2.3.1. pH değeri.....	27
3.2.3.2. Titrasyon asitliği değeri.....	27
3.2.3.3. Kurumadde oranı.....	27
3.2.3.4. Yağ ve kurumaddede yağ oranları.....	27
3.2.3.5. Tuz ve kurumaddede tuz oranları.....	28
3.2.3.6. Toplam azot oranı.....	28
3.2.3.7. Protein ve kurumaddede protein oranları.....	28
3.2.3.8. Suda çözünen azot (SÇA) oranı.....	28
3.2.3.9. %12 Trikloroasetik asitte (TCA) çözünen azot oranı.....	29
3.2.3.10. %5 Fosfotungustik asitte çözünür azot (PTA-SN) oranı.....	29
3.2.3.11. Kazein azotu oranı.....	30
3.2.3.12. Proteoz-pepton azotu (PP-N) oranı.....	30
3.2.3.13. Beyaz peynirlerin olgunlaşma indeksi (SÇA'ya göre).....	30
3.2.3.14. Tekstür profil analizleri (TPA).....	30
3.2.3.15. pH 4.6'da çözünmeyen fraksiyonların Üre- poliakrilamid jel	

elektroforez analizleri (Üre-PAGE).....	31
3.2.3.16. Peynir örneklerinde peptid profil analizi.....	34
3.2.3.17. Taramalı elektron mikrofotografı (SEM).....	34
3.2.3.18. Duyusal analizler.....	35
3.2.3.19. İstatistiksel analizler.....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	37
4.1. Çiğ Sütün Bileşimi.....	37
4.2. Peyniraltı Sularının Bileşimi.....	37
4.3. Beyaz Peynirlerin Randıman Değerleri.....	39
4.4. Beyaz Peynirlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	40
4.4.1. pH ve titrasyon asitliği değerleri.....	41
4.4.2. Beyaz peynirlerin kurumadde oranları.....	46
4.4.3. Beyaz peynirlerin yağ ve kurumadde yağ oranları.....	49
4.4.4. Beyaz peynirlerin yağsız kurumadde oranları.....	53
4.4.5. Beyaz peynirlerin tuz ve kurumadde tuz oranları.....	57
4.4.6. Beyaz peynirlerin kül oranları.....	62
4.4.7. Beyaz peynirlerin protein ve kurumadde protein oranları.....	64
4.5. Proteolitik Özellikler.....	68
4.5.1. Toplam azot oranları.....	69
4.5.2. Suda çözünen azot (SÇA) oranları.....	71
4.5.3. %12 Trikloroasetik asitte (TCA) çözünen azot oranları.....	75
4.5.4. % 5 Fosfotungstik asitte çözünen azot (PTA-N) oranları.....	78
4.5.5. Kazein azotu oranları.....	81
4.5.6. Proteoz-pepton azotu (PPN) oranları.....	83
4.5.7. Beyaz peynirlerin olgunlaşma indeksi (RI) değerleri.....	85
4.5.8. Elektroforetik özellikler.....	88
4.5.9. Peptid profili değişimi.....	93
4.6. Tekstürel Özellikler.....	100
4.6.1. Sertlik (hardness).....	103
4.6.2. Elastiklik (springiness).....	105
4.6.3. İç yapışkanlık (cohesiveness).....	106
4.6.4. Çiğnenabilirlik (chewiness).....	108
4.6.5. Dış yapışkanlık (adhesiveness).....	109
4.6.6. Sakızimsılık (gumminess).....	111
4.7. Mikroyapı.....	112
4.8. Duyusal Özellikler.....	115
4.8.1. Renk ve görünüş.....	116
4.8.2. Kitle ve yapı.....	117
4.8.3. Koku.....	119
4.8.4. Tat.....	120
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	123
KAYNAKLAR.....	126
ÖZGEÇMİŞ.....	139

## ÖZET

Doktora Tezi

### Farklı Oran ve Üretim Aşamalarında Mikrobiyal Transglutaminaz İlavesinin Yarım Yağlı Beyaz Peynirin Özellikleri Üzerine Etkileri

Leyla EREN KARAHAN

Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Serdar AKIN

Yıl: 2016 Sayfa: 140

Bu çalışmada yağı azaltılmış peynirlerde karşılaşılan duyuşal ve tekstürel kusurların giderilmesinde mikrobiyal transglutaminaz (MTG) enziminden yararlanma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla farklı aşamalarda ve farklı oranlarda MTG ilave edilen sütler kullanılarak Beyaz peynir üretimi gerçekleştirilmiş ve MTG enzimi uygulamasının 90 günlük depolama süresince Beyaz peynirlerin kimyasal, tekstürel, duyuşal ve mikrostrüktürel niteliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada yağlı (H) ve yarım yağlı (A) kontrol peynirleri ile yarım yağlı ve rennetle birlikte 0.25 (B), 0.50 (C), 1.00 (D) U/g protein miktarlarında, yine yarım yağlı ve pıhtı kesiminden sonra 0.25 (E), 0.50 (F), 1.00 (G) U/g protein MTG ilave edilerek sekiz farklı peynir üretilmiştir.

Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması, enzim oranı ve depolama süresi peynirlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0.01$ ). MTG ilavesinin; verimde belirgin bir artış sağladığı, beyaz peynirlerin genel bileşim özellikleri üzerinde olumsuz etki yaratmadığı, proteolizi kısmen yavaşlattığı, peynirin tekstürel ve duyuşal özelliklerinde gelişme sağladığı saptanmıştır.

Sonuç olarak; yarım yağlı Beyaz peynirlerde MTG enziminin başarıyla kullanılabileceği belirlenmiştir. Bulgularımıza göre en olumlu sonuç, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde alınmıştır. 0.50 ve 1.00 U/g protein düzeyinde MTG uygulanan peynirlerin özelliklerinin yağlı kontrol peynirine daha yakın olduğu belirlenmiş olup, MTG uygulaması için bu oranların rahatlıkla önerilebileceği kanısına varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Beyaz peynir, mikrobiyal transglutaminaz, tekstür, mikrostrüktür, yarım yağlı

## **ABSTRACT**

**Ph.D. Thesis**

### **The Effects of Addition of Micobial Transglutaminase in Different Ratios on Properties of White Brined Cheese at Production Stages**

**Leyla EREN KARAHAN**

**Harran University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. M. Serdar AKIN**

**Year: 2016, Page: 140**

In this study, the benefiting possibilities from microbial transglutaminase (MTG) enzymes were investigated in eliminating sensory and textural defects encountered in reduced fat cheese. For this purpose, white brined cheese production was carried out by using bovine milk, in which MTG enzymes were added in different ratios and at different production stages; and the effects of MTG application on chemical, textural, sensorial and microstructural properties of white brined cheeses were examined during 90 day storage. In the study, by adding MTG enzymes, eight different cheeses such as fatty control cheese (H) and reduced fat control cheese (A) and together with reduced fat rennet milk cheeses in amounts of 0.25 (B) 0.50 (C) 1.00 (D) unit/g protein and cheeses with reduced fat milk after cutting of clot at a rate of 0.25 (E) 0.50 (F), 1.00 (G) unit/g protein were produced.

Enzyme treatment, enzyme treatment stages, enzyme ratio and storage time significantly affected physical, chemical and sensory properties of the cheeses ( $p < 0.01$ ). It was determined that MTG addition provided a significant increase in cheese yield, and did not have any negative impacts on the overall chemical composition, however, partly slowed down the proteolysis, and improved the textural and sensory properties of white brined cheeses.

As a result; it has been determined that MTG enzyme can successfully be utilized in production of reduced fat cheese. According to our findings, the best results have been obtained from the application of MTG after cutting clot. It has been determined that the properties of MTG applied cheeses at the rate of 0.50 and 1.00 unit/g protein have been closer to fatty control cheese; therefore, it has been concluded that this rates can easily be suggested for MTG application.

**KEY WORDS:** White brined cheese, microbial transglutaminase, texture, microstructure, reduced fat



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, araştırma konusunun seçiminde ve çalışmanın yürütülmesi aşamasında ilgi ve görüşlerini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. M. Serdar AKIN'a ve Tez İzleme Komitesi ve jüri üyeleri Prof. Dr. Nuray GÜZELER'e, Prof. Dr. Mutlu Buket AKIN'a, Prof. Dr. A. Ferit ATASOY'a, Doç. Dr. Oya Berkay KARACA'ya, Yrd. Doç Dr. Çağım AKBULUT'a; Harran Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerine, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji bölümü hocalarından Dr. Mehlika BENLİ'ye, Batman Üniversitesi Meslek Yüksekokulu'ndan Uzm. K. Serdar ÇELİK'e, Batman Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Programı öğrencilerine; ayrıca tezin her aşamasında bana her yönüyle destek olan eşim Ali Mücahit KARAHAN'a ve biricik kızım İnci KARAHAN'a, ANNEME, BABAMA ve KARDEŞLERİME teşekkür ederim.



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa no</b>
Çizelge 2.1. MTG enziminin farklı süt ürünlerindeki işlevleri.....	14
Çizelge 3.1. Beyaz peynirlerin duysal değerlendirme formu.....	36
Çizelge 4.1. Çiğ sütün bileşimi (n=3).....	37
Çizelge 4.2. Peyniraltı sularının bileşimleri (n=3).....	39
Çizelge 4.3. Beyaz Peynirlerin randıman değerleri (n=3).....	40
Çizelge 4.4. Beyaz Peynirlerin pH değerleri (n=3).....	43
Çizelge 4.5. Beyaz Peynirlerin titrasyon asitliği değerleri(%) (n=3).....	45
Çizelge 4.6. Beyaz Peynirlerin kurumadde oranları (%) (n=3).....	47
Çizelge 4.7. Beyaz Peynirlerin yağ oranları (%) (n=3).....	50
Çizelge 4.8. Beyaz Peynirlerin kurumaddede yağ oranları (%) (n=3).....	51
Çizelge 4.9. Beyaz Peynirlerin yağsız kurumadde oranları (%) (n=3).....	55
Çizelge 4.10. Beyaz Peynirlerin tuz oranları (%) (n=3).....	59
Çizelge 4.11. Beyaz Peynirlerin kurumaddede tuz oranları (%) (n=3).....	61
Çizelge 4.12. Beyaz Peynirlerin kül oranları (%) (n=3).....	63
Çizelge 4.13. Beyaz Peynirlerin toplam protein oranları (%) (n=3).....	65
Çizelge 4.14. Beyaz Peynirlerin kurumaddede protein oranları (%) (n=3).....	66
Çizelge 4.15. Beyaz Peynirlerin toplam azot oranları (%) (n=3).....	70
Çizelge 4.16. Beyaz Peynirlerin suda çözünen azot oranları (%) (n=3).....	72
Çizelge 4.17. Beyaz peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot oranları (%) (n=3)	76
Çizelge 4.18. Beyaz Peynirlerin depolama süresince meydana gelen % 5 PTA'da çözünen azot oranları (%) (n=3).....	79
Çizelge 4.19. Beyaz Peynirlerin kazein azotu oranları (%) (n=3).....	82
Çizelge 4.20. Beyaz Peynirlerin proteoz-pepton azotu (PPN) oranları (%) (n=3).....	84
Çizelge 4.21. Beyaz Peynirlerin depolama süresince saptanan olgunlaşma indeksi (RI) değerleri (n=3).....	87
Çizelge 4.22. Beyaz Peynirlerin 90 günlük depolama süresince saptanan sertlik, dış yapışkanlık ve elastiklik değerleri (n=3).....	101
Çizelge 4.23. Beyaz Peynirlerin 90 günlük depolama süresince saptanan iç yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenabilirlik değerleri (n=3).....	102
Çizelge 4.24. Beyaz Peynir örneklerine ait duysal değerlendirme sonuçları.....	115

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. TG tarafından katalizlenen tepkimeler.....	11
Şekil 3.1. Beyaz peynir üretimi akış şeması.....	24
Şekil 4.1. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan pH değerleri.....	44
Şekil 4.2. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan titrasyon asitliği değerleri.....	46
Şekil 4.3. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kurumadde oranları.....	48
Şekil 4.4. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan yağ oranları.....	50
Şekil 4.5. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kurumaddede yağ oranları.....	52
Şekil 4.6. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan yağsız kurumadde oranları.....	56
Şekil 4.7. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan tuz oranları.....	60
Şekil 4.8. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kurumaddede tuz oranları.....	62
Şekil 4.9. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan kül oranları.....	64
Şekil 4.10. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan toplam protein oranları.....	64
Şekil 4.11. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan kurumaddede protein oranları.....	67
Şekil 4.12. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan toplam azot oranları.....	69
Şekil 4.13. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan suda çözünen azot oranları.....	73
Şekil 4.14. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan %12 TCA'da çözünen azot oranları.....	77
Şekil 4.15. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan %5 PTA'da çözünen azot oranları.....	80
Şekil 4.16. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan kazein azotu oranları.....	81
Şekil 4.17. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan proteoz-pepton azotu (PPN) oranları.....	85
Şekil 4.18. Beyaz Peynirlerde depolama süresince saptanan olgunlaşma indeksi (RI) değerleri.....	86
Şekil 4.19. Beyaz Peynirlerin pH 4.6'da çözünmeyen protein fraksiyonlarının üre-PAGE elektroforetogramları.....	91
Şekil 4.20. Beyaz Peynirlerin pH 4.6'da çözünmeyen protein fraksiyonlarının üre-PAGE elektroforetogramları.....	92
Şekil 4.21. Beyaz Peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 1. Gün RP-HPLC peptid profilleri.....	95
Şekil 4.22. Beyaz Peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 15. Gün RP-HPLC peptid profilleri.....	96
Şekil 4.23. Beyaz Peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 30. Gün RP-HPLC peptid profilleri.....	97
Şekil 4.24. Beyaz Peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 60. Gün RP-HPLC peptid profilleri.....	98
Şekil 4.25. Beyaz Peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 90. Gün RP-HPLC peptid profilleri.....	99
Şekil 4.26. Beyaz Peynirlerde sertlik değerlerinin depolama sürecindeki değişimi.....	103
Şekil 4.27. Beyaz Peynirlerde elastiklik değerlerinin depolama sürecindeki değişimi.....	105
Şekil 4.28. Beyaz Peynirlerde iç yapışkanlık değerlerinin depolama sürecindeki değişimi.....	107
Şekil 4.29. Beyaz Peynirlerde çiğnenebilirlik değerlerinin depolama sürecindeki değişimi.....	108
Şekil 4.30. Beyaz Peynirlerde dış yapışkanlık değerlerinin depolama sürecindeki değişimi.....	110
Şekil 4.31. Beyaz Peynirlerde sakızimsılık değerlerinin depolama sürecindeki değişimi.....	112
Şekil 4.32. Beyaz Peynirlerin mikrostrüktürleri.....	114
Şekil 4.33. Beyaz Peynirlere ait renk ve görünüş puanları.....	116
Şekil 4.34. Beyaz Peynirlere ait kitle ve yapı puanları.....	117
Şekil 4.35. Beyaz Peynirlere ait koku puanları.....	119
Şekil 4.36. Beyaz Peynirlere ait tat puanları.....	121

## SİMGELER DİZİNİ

<b>TG:</b>	Transglutaminaz
<b>MTG:</b>	Mikrobiyal transglutaminaz
<b>IDF:</b>	International Dairy Federation (Uluslararası Sütçülük Federasyonu)
<b>MCU:</b>	Milk Clothing Unit (Süt Pıhtılaştırma Birimi)
<b>RP-HPLC:</b>	Reverse Phase-High Pressure Liquid Chromatography (Ters Faz Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi)
<b>TN:</b>	Toplam Azot
<b>SÇA:</b>	Suda Çözünür Azotlu Madde
<b>TCA:</b>	Trikloroasetik Asit
<b>TFA:</b>	Trifloroasetik Asit
<b>TSE:</b>	Türk Standartları Enstitüsü
<b>Üre-PAGE:</b>	Üre-Poliakrilamid Jel Elektroforez
<b>AOAC:</b>	Association of Official Analytical Chemists

## 1. GİRİŞ

Peynir, sütün peynir mayası veya zararsız organik asitlerin etkisiyle pıhtılaştırılması, değişik şekillerde işlenmesi, süzülmesi, şekillendirilmesi, tuzlanması, bazen tat ve koku verici zararsız maddeler katılması ve çeşitli süre ve derecelerde olgunlaştırılması sonucunda elde edilen besin değeri yüksek bir süt ürünüdür (Yetişmeyen, 1995). Literatürde, dünyada 500 ile 1000 kadar peynir çeşidi olduğu bildirilmektedir (Sandine ve Elliker, 1981; Fox, 1987; Fox ve Grufferty, 1991).

Ülkemizde ve dünyada obezite görülme sıklığı gün geçtikçe artmaktadır ve buna paralel olarak gut, diyabet, yüksek tansiyon, dolaşım sistemi rahatsızlıkları gibi hastalıklar da artmaktadır. Bunun en büyük nedeninin de aşırı gıda tüketimi, hareketsizlik, diyetle fazla oranda doymuş yağ ve kolesterol içeren gıdaların tüketilmesi olduğu belirtilmektedir. Bu sebeplerden dolayı tüketicilerin son yıllarda düşük yağlı ve yağsız süt ürünlerine olan talebi artmıştır. Bununla birlikte kalorisi düşük, az yağlı veya yağsız süt ürünlerinin üretimi son yıllarda hız kazanmıştır (Anonim, 2012).

Amerika’da sağlıkla ilgili kuruluşlar tarafından yapılan tavsiyeye göre günlük enerjinin %30’unun yağlardan sağlanması önerilir ve bu günlük toplam enerjinin %10’u doymuş, % 10’u doymamış ve %10’u da çoklu doymamış yağ asitlerini içermelidir (Alexander, 1994). Bundan dolayı işlenmiş ve tüketime hazır ürünlerde kullanılan bitkisel ve hayvansal yağların kısmen veya tamamen elemine edilmesi için çeşitli yağ olmayan ikame edici maddelerin kullanımı hızla artmaktadır. Yağ ikame maddelerinin kullanılmasıyla toplam kalori miktarındaki düşüş tüketici talebini önemli oranda artırmıştır (Doğan ve Küçüköner, 1999).

Duyusal olarak yağın ağızda bıraktığı his birkaç parametrenin birleşmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu parametreler; kıvam (yoğunluk, dolgunluk), yağlayıcılık (yumuşaklık, krema hissi), absorpsiyon ve adsorpsiyon (tat alıcı hücreler üzerindeki fiziksel etki), yapışkanlık, ve ağız kaplama hissi gibi bir çok faktörleri içerir. Bu

parametreler tam olarak tespit edilememesine ve tanımlanamamasına rağmen, yağ içeren gıdalarda kolayca fark edilebilir (Doğan ve Küçüköner, 1999).

Süt ve ürünlerinin birçok üstün özelliği genel bir kabul görmesine ve süt ve süt ürünleriyle alınan doymuş yağların kolesterol miktarının sağlık açısından bir risk teşkil etmeyeceği, doymuş yağların oranının da rahatlıkla tolere edilebilecek sınırlarda olduğu düşüncesine karşın, özellikle dolaşım sistemi rahatsızlığı olan ve sağlığı konusunda aşırı hassas bireyler hayvansal gıdaların tüketiminden kaçınmaktadır. Bundan dolayı, hayvansal gıdalarda, özellikle süt ürünlerinde doymuş yağların ve kolesterolün oranını düşürmek için, çok sayıda araştırma yapılmakta ve ürünlerin hammadde ve bileşimlerinde bazı değişiklikler yapılmaktadır (Kırmacı, 2006).

Yağlar, hem en önemli enerji kaynağı olmaları hem de yaşamsal işlevi olan esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminleri içermelerinden dolayı, hayatımızın vazgeçilmez bir unsurudur. Gıda yapısında bulunan yağın birçok önemli görevi vardır. Bunlardan bazıları; tat, aroma, viskozite, yapı, tekstür, kıvam, yumuşaklık, erime özelliği, büzülmeyi önleme, hava tutmayı sağlama, emülsiyon oluşturma gibi özelliklerdir. Ürün içerisindeki yağ oranı azaltılırsa yukarıda belirtilen özelliklerin birçoğunda olumsuzluklar meydana gelmektedir. Örneğin üretilen düşük yağlı ürünlerde tat-aroma kaybı, kuruma, sertlik, yapışkanlık, olgunlaşma süresinde uzama, randıman düşüşü gibi bir çok problem ortaya çıkmaktadır (Kırmacı, 2006).

Yağın azaltılmasına bağlı olarak peynirde meydana gelen kusurların önlenmesi için, üretim prosesinde değişiklik yapılması, starter kültür ve enzim kullanım optimizasyonu, membran seperasyon teknolojisinin adaptasyonu ve süt orjinli tozların ilavesi gibi değişik yöntemler geliştirilmiştir ve bu yöntemlerin her birinin peynir üretimi açısından olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır (Şener, 2012).

Peynir üretiminde peyniraltı suyu kayıplarını en aza indirerek peynir veriminde artış sağlanabilmektedir. Peyniraltı suyunda % 6-7 oranında kurumadde bulunmakta ve kurumaddenin büyük bölümünü (% 4.7) laktoz oluşturmaktadır. Buna karşın düşük oranlarda bulunan çözünen süt proteinleri (düşük molekül ağırlıklı serum proteinleri ve glikomakropeptid), peyniraltı suyunun geri kazanımıyla birlikte

peynirde verim ve kalite artışı sağlayacaktır ve aynı zamanda laktozdan kaynaklı çevre kirliliği de önlenmiş olacaktır (Şener, 2012).

Peyniraltı suyu ile atılan çözünür süt proteinlerinin membran seperasyon teknolojisiyle mümkün olsa da ilk maliyetlerin yüksek olması sebebiyle de enzimatik yöntemler daha çok ilgi görmeye başlamıştır (Şener, 2012).

Mikrobiyal transglutaminaz (MTG) enzimi ilavesi de düşük yağlı peynirlerde yukarıda anılan kusurların önlenmesi açısından başvurulabilecek bir yöntem olarak düşünülmektedir.

Tüm peynirlerin temel üretim aşaması olan pıhtılaştırma, protein fraksiyonlarının stabilizasyonunun bozulması sonucu sütün sıvı halden jel haline geçmesidir. Süt proteinleri, kazein ve serum proteinleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Süt proteinlerinin yaklaşık %80'ini oluşturan kazein peynir yapımı sırasında form değiştirerek (jel hale geçerek) peynir pıhtısını oluşturmaktadır (Üçüncü, 2005).

Proteinler, gıda teknolojisi açısından, “yarı-sert” tekstürel oluşumlara yarayan ana yapıtaşlarından biridir. Birçok gıda proteini, gıda ürünlerinin yapısını, kararlılığını veya işleme özelliklerini etkilediği ya da düzelttiği için işlevsel niteliğe sahip bileşenlerdir. Proteinlerin işlevsel özellikleri, molekül yapılarıyla yakından ilgilidir. Protein yapısı fiziksel, kimyasal ya da enzimatik yolla değiştirilebilir. Kimyasal modifikasyon yerine enzimatik modifikasyon kullanılmasının avantajı enzimatik tepkimelerin daha spesifik olmaları dolayısıyla olası toksik yan etkilerin engellenmiş olmasıdır (Schorsch ve ark., 2000).

Protein moleküllerinin çapraz bağlanma ve agregasyon ile üç boyutlu ağ-yapılar içerisine organize olmaları, gıdalarda arzulanan mekanik özelliklerde yeni yapılar geliştirmede en önemli süreçlerdir (Phillips ve ark., 1994; Matsumura ve Moti, 1996). Protein jellerine dayalı yaygın, geleneksel gıda tekstürü düşünüldüğünde ilk akla gelenler peynir, yoğurt, sosis gibi gıda maddeleridir. Protein jeli oluşturulmasında yararlanılan asal işleme teknikleri enzim etkinliği, asitlendirme ve ısı uygulamalarıdır (Clark ve Ross-Murphy, 1987; Doi, 1993). Bunlara eklenen bir diğer teknik de son zamanlarda yaygınlaşan yüksek basınç uygulamalarıdır (Messens ve ark., 1979).

Protein jel ağının yapısında yer alan kuvvetler, protein molekülünü bir arada tutan kuvvetler ile aynıdır (Phillips ve ark., 1994; Matsumura ve Moti, 1996; Dickinson ve McClements, 1995). Bu etkileşim kuvvetleri artan biçimde şöyle sıralanabilir; hidrofobik kuvvetler (5-10 kJ/mol), hidrojen bağları (10-40 kJ/mol), elektrostatik kuvvetler (25-80 kJ/mol) ve kovalent etkileşimlerdir (200-400 kJ/mol). Molekül içi hidrofobik etkileşimler; jelleşme sırasında makromoleküler yapının açılması (unfolding) veya yeniden düzenlenmesinin bir sonucu olarak, daha önce iç kısımlarda gizlenmiş olan aminoasit yan zincirlerinin açığa çıkması ile artar. Jel oluşumunda hidrojen bağlarının varlığı ise, sıcaklık artışı ile proteinin yapısal dayanıklılığının azalması şeklinde ortaya konulabilir. Elektrostatik kuvvetler de izoelektrik noktaya uzak pH'larda ve düşük iyonik direnç söz konusu ise iyi bir su tutma kapasitesi sergileyen ince ağ yapıların varlığı ile anlaşılmaktadırlar (Yüksel, 2007).

Jelleşme sürecinde oluşan en yaygın kovalent bağlanma ise sülfidril-disülfid değişimiyle ortaya çıkan S-S çapraz bağlarıdır. Globüler proteinlerde SH-SS değişim tepkimesinin inhibisyonu durumunda bile jelleşme gözlenmesine (Koseki ve ark., 1989) rağmen, SH-SS bağlarının olmaması, görece zayıf bir jel ağı oluşumuna yol açar ve bu yüksek çözünürlük anlamına gelmektedir (Clark ve Lee, 1986). Gıda jellerinin viskoelastik ve bozunabilen (fracture) özellikleri ve tüketici beğenisi açısından buna bağlı olarak gelişen tekstürü; zayıf ve kuvvetli (geri-dönüşebilen) fiziksel çapraz bağlar (hidrofobik, elektrostatik ve hidrojen bağları) ile dayanıklı kovalent bağlar arasındaki dengeye bağlıdır (Yüksel, 2007).

Gıda endüstrisinde kullanılan enzimlerin çoğu, hayvansal sindirim sisteminin doğası göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Ancak çoğu gıda enziminin etkinliği, sütün rennetlenmesinde olduğu gibi, tek başına tipik jelleşmeye neden olmaz. Daha çok makromoleküler yapının modifikasyonu ya da yıkımında rol oynarlar. Doğada yaygın bulunan proteazların dışında yalnızca birkaç enzim protein modifikasyonu için uygun bir etkinliğe sahiptirler (Hamada, 1992). Tekstürel modifikasyonu harekete geçirme açısından kovalent çapraz bağlanma gerçekleştirebilen enzimler canlı dokuların protein yapısının biyolojik anlamda mekanik dayanımında önemli bir role sahiptir (Gerrard, 2002).



Proteinler arası kovalent çapraz bağlanmayı katalizleyen, ticari anlamda uygun tek enzim transglutaminaz enzimidir (EC 2.3.2.13). Gıda endüstrisinde bu enzimin kullanımıyla düşük viskoziteli protein çözeltileri ya da dispersiyonlarından jelbenzeri yeni ağ yapıların oluşumunda yararlanılmaktadır. Aynı şekilde protein ile kaplanmış gaz kabarcıkları veya protein kaplı emülsiyon damlacıkları içeren sistemlerden de yararlanılmaktadır.

Transglutaminaz enzimi (TG) çapraz bağ oluşumu, amin birleşmesi ve deamidasyon tepkimeleri ile proteinleri modifiye edebilen bir enzimdir (EC 2.3.2.13, protein-glutamin  $\gamma$ -glutamil-transferaz) ve günümüzde yaygın bir şekilde süt, et, deniz, hububat ürünleri gibi gıda ürünlerinde kullanılmaktadır. TG kullanımıyla gıda işleme teknolojisinde, düşük viskoziteli protein çözelti ve/veya dispersiyonlarından jel yapı oluşturma, mekanik dayanımı artırma, düşük yağ-protein içeriğinde mekanik yapı oluşturma, var olan yapıya eksikliği duyulan amino asit katılımını sağlama, tekstürel deformasyonu ve gıda katkı maddeleri kullanımını azaltma veya tamamen ortadan kaldırma olasıdır. Mikrobiyal transglutaminaz (MTG), diğer TG'ler gibi, çoğu gıda proteininde G-L bağlarının oluşumunu katalizler; ortaya çıkan çapraz bağlanma proteinin fonksiyonel özelliklerini değiştirir. MTG teknolojisinin gelecekte gıda protein modifikasyonu için kaçınılmaz bir yöntem olacağı düşünülmektedir (Motoki ve Seguro, 1998).

Bu araştırmada yağı azaltılmış süttten üretilen peynirlerde karşılaşılan duyuusal ve tekstürel kusurların giderilmesinde MTG enziminden yararlanma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla farklı aşamalarda ve farklı oranlarda MTG ilave edilen yağı azaltılmış sütler kullanılarak Beyaz peynir üretimi gerçekleştirilmiştir ve 90 günlük depolama süresince Beyaz peynirlerin kimyasal, tekstürel, duyuusal ve mikrostrüktürel nitelikleri belirlenmiştir.

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Peynir üretimi, sütte bulunan kazeinlerin enzimatik ya da asidifikasyon yoluyla hidrolizasyonu ve bunun devamında uygulanan değişik teknolojik işlemleri içermektedir. Peynir üretiminin tüm aşamaları peynirin temel kompozisyonunu ve yapısını etkilemektedir. Peynirin niteliklerine birçok faktör etki etmesine rağmen, ürünün karakteristik nitelikleri büyük ölçüde olgunlaşma sürecinde belirlenmektedir.

Sütün peynire dönüşümü, sütün başlıca bileşenleri olan yağ ve proteinin 8-12 kat konsantre hale gelmesi ile başlamaktadır. Tüm peynirler cinsine ve tipine bağlı olarak %30-70 oranında su içeren, yağ ve kalsiyum para-kazeinat kompleksinden oluşmaktadır. Ancak, bu oluşumun ardından kitleye uygulanan ısıtma, pişirme, kaynatma, parçalama, ön-fermantasyon, fungal veya bakteriyel inokülasyon, enzim ilavesi, kapsülasyon, koruyucu madde katımı, boyar madde ilavesi, tuzlama (kuru tuzlama, salamura tuzlama, pıhtı tuzlama vs.) gibi bazı işlemler ile şekil ve boyut kazandıktan sonra farklı koşullarda (nem, sıcaklık, süre, oksijen varlığı vs.) olgunlaştırılması peynire çok farklı nitelikler kazandırmaktadır. Tüm bu koşulların yanında aktif olan bazı enzimler de peynirin niteliklerinin oluşumuna katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda; sütün doğal enzimleri, kimozin ve/veya lipolitik enzimler, starter, sekonder starter veya starter olmayan bakterilerden kaynaklanan enzimler olgunlaşmanın çeşitli aşamalarında etkili olan unsurlardır. Bu unsurlar peynir kitlesinde çok az bulunan (~%1-2) laktoz ve sitratın parçalanması ile lipidlerin, kazeinlerin ve peptidlerin parçalanmasından sorumludur. Bu nedenle; olgunlaşma süreci, peynir sütüne mayanın ilavesi ile başlayıp (kazeinlerin başlangıç hidrolizi), oluşan makromoleküllü peptidlerin aminoasitlere kadar parçalandığı proteoliz, lipidlerin serbest yağ asitlerine kadar parçalandığı lipoliz ve kalıntı laktozun pirüvik ve laktik asite dönüştüğü glikoliz olaylarını kapsayan bir biyokimyasal reaksiyonlar dizisidir (Hayaloğlu ve Özer, 2011).

### 2.1. Peynirde Verim ve Kalite Artışında Etkili Olan Faktörler

Olgunlaşma süreci, peynir sütüne mayanın ilavesi ile başlayıp (kazeinlerin başlangıç hidrolizi), oluşan makromoleküllü peptidlerin aminoasitlere kadar parçalandığı proteoliz, lipidlerin serbest yağ asitlerine kadar parçalandığı lipoliz ve kalıntı laktozun pirüvik ve laktik asite dönüştüğü glikoliz olaylarını kapsayan bir biyokimyasal reaksiyonlar dizisidir (Fox and Mc Sweeney, 1996; Hayaloğlu ve Özer, 2011). Ancak, olgunlaşma sürecinde proteoliz önemli yer tutmaktadır (Fox, 1989; Fox ve ark., 1993, Fox ve ark., 1994; Fox ve McSweeney, 1996; McSweeney ve ark., 2006). Bunun nedeni, proteolize bağlı olarak açığa çıkan peptid ve/veya aminoasitler aracılığı ile aromanın gelişmesi, iştah açıcı bileşenlerin oluşması, NH<sub>3</sub> oluşumuna bağlı olarak pH değişimleri ve beraberinde oluşan biyokimyasal modifikasyonlar ile tekstürde meydana gelen modifikasyonlar peynirin nitelikleri üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Grappin ve ark., 1985; Rank ve ark., 1985; Fox, 1989; Fox ve ark., 1993).

Peynirde proteoliz üzerinde en fazla etkili faktörler protein çapraz bağlanma düzeyi, pıhtının kimyasal kompozisyonu ve pıhtının nem içeriğidir (Stanley ve Emmons, 1977; de Jong, 1978; Omar, 1984; Mistry ve Kasperson., 1998). Pıhtının kimyasal ve fiziksel özelliklerini modifiye ederek peynirin olgunlaşma başta olmak üzere bazı özelliklerini geliştirme konusunda çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu çabaların ortak noktası, peynirin pıhtılaşma niteliğini geliştirmek ve son üründe hem verim artışı sağlamak hem de peynirin karakteristik özelliklerini olumlu yönde değiştirmektir.

Peynir sütüne mutant bakteri katımı, dışarıdan enzim ilavesi, enzim ve/veya starter bakterilerin enkapsülasyonu, yardımcı (sekonder) starter kültür kullanımı, genetiği modifiye starter kullanımı, zayıflatılmış (attenuated) kültür kullanımı gibi uygulamalar peynirde olgunlaşma sürecini hızlandırmakta ve son ürünün duyuşal niteliklerini modifiye edebilmektedir. Bu yöntemlerden de en çok süte veya pıhtıya enzim ilavesi ilgi görmektedir (Exterkate ve ark., 1987; Hayashi ve ark., 1990; Wallace ve Fox, 1997; Law, 2001; Güven ve Karaca, 2003). Son yıllarda peynirde verim artışını sağlamak amacıyla enzimatik uygulamalardan da yararlanma

konusunda bilimsel çalışmalar hız kazanmış durumdadır. Bu uygulamalar içerisinde  $Ca^{+2}$ 'den bağımsız mikrobiyal transglutaminaz ( $Ca^{+2}$  -independent MTG) enzimi kullanımının peynirde teorik olarak verim artışı sağladığının anlaşılmasından bu yana bu konu hakkında bilimsel çalışmalar yoğunlaşmıştır.

## 2.2. Transglutaminaz (TG) ve Mikrobiyal Transglutaminaz (MTG) Enzimi

Transglutaminaz (TG), birincil aminler ile glutamin residüleri arasında kovalent bağ oluşumunu katalize eden bir transferazdır (Liu ve Damodaran, 1999; Sharma ve ark., 2001). R-glutaminyl-peptide:amine  $\gamma$ -glutamyl-transferase (E.C 2.3.2.13) olarak adlandırılan transglutaminaz enzimi hayvansal dokularda ve vücut sıvılarında bulunan doğal bir enzimdir (Sharma ve ark., 2001; de Jong ve Koppelman, 2002). Bununla birlikte *Streptoverticillium mobarense* ve *Streptoverticillium ladakanum* tarafından hücre dışı, *Bacillus subtilis* ve *Physarum polycephalum* tarafından ise hücre içi olmak üzere bir çok mikroorganizmanın da TG enzimi ürettiği belirlenmiştir (Yıldırım ve ark., 2000).

TG'nin optimum aktivasyon pH'sı 5-8 aralığındadır ve pH 4 ile 9 aralığında değişen düzeylerde aktivite gösterebilmektedir. TG'nin optimum çalışma sıcaklığı yaklaşık 50°C olup bu sıcaklıkta 10 dakikalık bir inkübasyon sonucunda aktivitesinde belirgin artışlar kaydedilmektedir. Bununla birlikte, 70 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda birkaç dakika içerisinde ise enzim aktivitesi hızla kaybolmaktadır. TG, 10°C gibi düşük sıcaklıklara kadar aktivitesini sürdürebilmekte ve donma noktası civarındaki sıcaklıklarda az da olsa aktivitesini devam ettirmektedir (Motoki ve Seguro, 1998).

Birçok gıda proteini TG aracılığı ile çapraz bağlanabilme (cross-linking) özelliği göstermektedir. Bu proteinler içerisinde; baklagil proteinleri, buğday gluteni, yumurta proteinleri, aktinler, miyosinler, fibrinler, kazeinler,  $\alpha$ -laktalbümin,  $\beta$ -laktoglobulin ve diğer albüminler gibi pek çok gıda proteinleri mikrobiyal transglutaminaz tarafından çok başarılı bir şekilde çapraz bağlanabilmektedir (Kurth ve Rogers, 1984).

Gıda uygulamalarına uygunluk gösteren TG'nin iki temel kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; aktiviteleri için kalsiyum iyonuna bağımlılık gösteren hayvansal kaynaklı TG ve *Streptoverticillium mobarense* tarafından sentezlenen ve  $Ca^{+2}$ 'den bağımsız olarak aktivite gösterebilen mikrobiyal transglutaminaz (MTG)'dir (Sharma ve ark., 2001; Sakamoto ve ark.,1994). Kalsiyum iyonlarından bağımsız aktivite gösterebilme yeteneği MTG'yi diğer memelilerden elde edilen enzimlerden farklı kılmaktadır. Bu özelliğinden dolayı gıda proteinlerinin fonksiyonel özelliklerinin modifikasyonunda oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir; çünkü süt kazeinleri, soya globülleri gibi birçok gıda proteini  $Ca^{+2}$ ' ye karşı oldukça hassastır. Bu proteinler  $Ca^{+2}$  varlığında kısa sürede çökmektedir ve MTG'ye karşı daha az duyarlı hale gelmektedir. MTG' nin aktif bölgesi, sistein rezidülerini içermektedir ve  $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  ve  $Li^{+2}$  gibi ağır metaller sistein rezidülerinin tiol gruplarını bağlayarak MTG inhibisyonuna yol açmaktadır (Motoki ve Seguro, 1998).

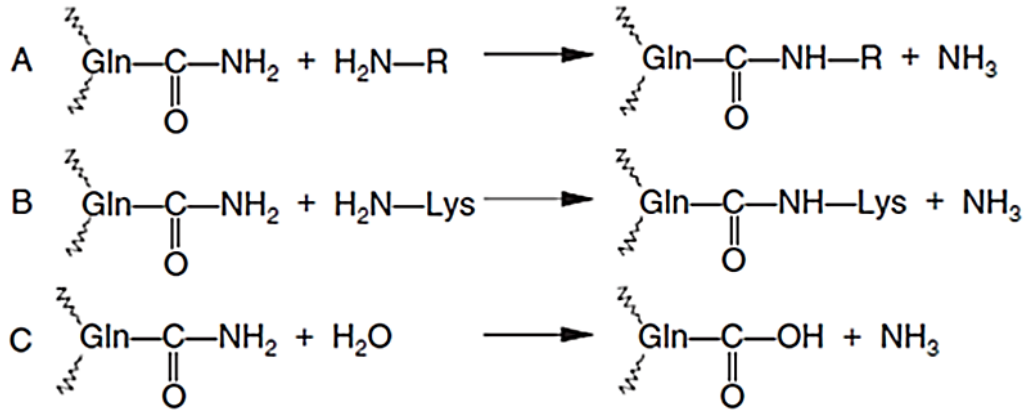
TG çapraz bağlanma yolu ile proteinlerin fiziksel özelliklerini modifiye edebilmektedir (Kuraishi ve ark., 2001). Özellikle; proteinlerin su tutma kapasiteleri, jelleşme karakteristikleri, reolojik ve emülsiyon özellikleri ile ısı stabiliteyi enzimatik çapraz bağlanma sonucunda değişime uğramaktadır (Dickinson, 1997; Lorenzen ve Schlimme, 1998; Motoki ve Seguro, 1998; Hinz ve ark., 2007).

TG'nin proteinlerde meydana getirdiği modifikasyonlar büyük ölçüde hedef proteinin yapısal konfigürasyonu ile ilişkilidir. Süt proteinleri içerisinde kazeinler açık konfigürasyonları nedeniyle TG için çok uygun bir substrat konumundadır. Bönisch ve ark. (2004), sodyum kazeinatın doğal kazein misellerine oranla TG'a karşı daha iyi bir substrat özelliği gösterdiğini ortaya koymuştur. Buna karşın; denatüre olmamış serum proteinleri doğal konumlarında bu spesifik enzim için uygun bir substrat özelliğine sahip değildir (Traorè ve Meunier, 1992; Sakamoto ve ark. 1994; Christensen ve ark., 1996; Schorsch ve ark., 2000).  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktalbumin ve sığır serum albumininin TG aracılığı ile çapraz bağlanabilmesi için serum proteinlerinin alkali koşullarda gerçekleştirilen reaksiyonla, ısıl işlem aracılığıyla, proteolitik enzimlerle, yüksek basınç uygulamasıyla veya kimyasal yolla denatürasyona uğraması ve enzimatik reaksiyon için gerekli olan glutamin ve lisinin

reaksiyona açık konuma gelmesi gerekmektedir (Aboumahmoud ve Savello, 1990). Faergemand ve ark. (1999), serum proteinlerinin dithioerythritol ve/veya pH ile indüklenmiş bir yapısal değişim sonucunda TG ile çapraz bağlanma kapasitelerinde belirgin artış olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşın, Nieuwenhuizen ve ark. (2003),  $\beta$ -laktoglobulin'in herhangi bir yapısal konfigürasyona uğramadan da TG için substrat olma özelliğine sahip olduğunu saptamışlardır. Yapılan araştırmalarda, ısı işlem görmüş protein çözeltilerinde TG enziminin  $\alpha$ -Laktalbumin'i  $\beta$ -Laktoglobulin'e oranla daha hızlı modifiye ettiği de belirlenmiştir (Faergemand ve ark., 1997; Rodriguez-Nogales, 2006).

$\alpha$ -Laktalbumin'in apo ve holo izomerlerinin lizin ve glutamin residülerinin TG aracılığı ile çapraz bağlanma yetenekleri ile ortam sıcaklığı arasında bir ilişki olduğu saptanmıştır (Nieuwenhuizen ve ark., 2003). Buna göre; 30°C'de holo  $\alpha$ -Laktalbumin'in lizin ve glutamin residülerinde modifikasyon meydana gelmezken, apo  $\alpha$ -Laktalbumin'in 13., 16., 108. ve 114. lizin aminoasitleri ile 39. ve 43. glutamin aminoasitlerinin modifiye olduğu, sıcaklığın 50°C'ye yükseltilmesi ile birlikte holo  $\alpha$ -Laktalbumin' in 13., 16., 108. ve 114. lizin aminoasitlerinin modifikasyona uğradığı belirlenmiştir. Bu bilgi, serum proteinlerinin özellikle gıda kaplama maddesi olarak kullanımı amacıyla enzimatik modifikasyonlarında sıcaklık optimizasyonu açısından önem taşımaktadır. TG, proteinlerin modifikasyonunda genel olarak 3 önemli reaksiyonu katalizler (Şekil 2.3.) (Zhu ve ark., 1995; Kuraishi ve ark., 1996 ve 2001; O'Sullivan ve ark., 2001; Gerrard, 2002):

- 1) Peptid veya proteine bağlı glutamin'in yapısındaki  $\gamma$ -karboksiamid ile primer amin arasında açıl transfer reaksiyonunu katalizler (Şekil 2.3. A).
- 2) Glutamin ve lizin amino asitleri arasında  $\epsilon$ -( $\gamma$ -Glu)Lisin çapraz bağının oluşumunu katalizler (Şekil 2.3. B).
- 3) Ortamda uygun bir primer amin bulunmaması veya lizinin  $\epsilon$ -amin grubunun belirli ajanlarla bağlanması durumunda suyun kullanılmasını katalizler (Şekil 2.3. C).



Şekil 2.1. TG tarafından katalizlenen tepkimeler: (A), Açıl transfer tepkimesi; (B), Çapraz bağlanma tepkimesi; (C), Deamidasyon (Kashiwagi ve ark., 2002; Jaros ve ark., 2006).

TG'nin, başlıca işlevlerinden birisi temel amino asitler bakımından yoksul olan proteinlerin yapısına bu amino asitleri çapraz bağlayabilmesidir (Bercovici ve ark., 1995). Örneğin; TG, metiyonin ve lisinin  $\beta$ -kazein'e isopeptit bağıyla bağlanmasını katalize etmektedir. TG, protein temelli alerjik reaksiyonların da azaltılmasında etkili rol oynamaktadır (Yıldırım ve ark., 2000).

Liu ve Damodaran (1999), TG aktivitesine bağlı olarak oluşan dallanmış  $\beta$ -kazein polimerlerinin emülsiyonları stabilize etme özelliğine sahip olduğunu belirlemiştir. Hava /su ara yüzeylerinde adsorbe olmuş kazein film tabakasının çapraz bağlantılarının tetiklenmesinde TG enziminin etken olduğu çapraz bağlantı kapasitesi ile enzim dozajı arasında sıkı bir ilişki olduğu bildirilmektedir (Faergamand ve ark., 1999). Enzim uygulaması ile birlikte özellikle  $\beta$ -kazeinde hızlı bir çapraz bağlanma oluşumu gözlenirken  $\alpha_s$ -kazeinin adsorblanma hızı daha yavaş olmaktadır. Ayrıca, bazı TG'ler için  $\beta$ -kazeinin  $\alpha_{s1}$ -kazeinden daha iyi bir substrat olduğu belirlenmiştir (Færgemand ve ark., 1997). Kuraishi ve ark. (2001), Huppertz ve De Kruif (2007) ve Hinz ve ark. (2007) MTG uygulanmış sütlerde  $\alpha_s$ -kazeinin çapraz bağlanmaya karşı duyarlılığının  $\beta$ -kazein'den daha az olduğunu belirtmişlerdir.

### 2.3. TG ve MTG'nin Kazein ve Asit Jellerin Oluşumuna Etkisi

Asit ve rennet jelleri, kovalent olmayan zayıf interaksiyonlar tarafından stabilize edilmektedir. TG enzimi protein molekülleri arasında oluşturduğu kovalent bağlarla daha kuvvetli bir kazein agregasyonu oluşturmaktadır ve TG enzimi etkisiyle kazeinden ısıya karşı dirençli sıkı bir jel elde edilmektedir. Ayrıca bu şekilde oluşan jellerde uzun süre depolamadan sonra bile herhangi bir serum ayrılması gözlenmemektedir (Lorenzen, 2000). Ancak, TG pH 6.7'deki yağsız süte tek başına ilave edildiği zaman herhangi bir jel oluşmadığı gözlenmiştir. Bunun nedeni, nötre yakın pH değerlerinde misel yüzeyinde yer alan  $\kappa$ -kazein moleküllerinin neden olduğu elektrostatik ve sterik itmeden dolayı protein partikülleri arasındaki çapraz bağlar oluşturmamalarıdır. Buradaki elektrostatik ve sterik itmeye misel yüzeyinde yer alan  $\kappa$ -kazein molekülleri neden olmaktadır. TG, ancak süt protein partiküllerinin elektrostatik ve sterik stabilizasyonlarının bozulmasıyla etkili olabilmektedir (Schorch ve ark., 2000).

Süt proteini temelli jellerin oluşum kinetiği, pH ve jelleşme sıcaklığı ile direkt ilişki içerisindedir. Schorch ve ark. (2000) ve Vasbinder ve ark. (2003) yüksek pH ve düşük jelleşme sıcaklığı (~20 °C) koşullarında jelin daha sıkı olduğunu ve serum ayrılmasının (sinerez) ise azaldığını belirlemiştir.

TG'nin asit kazein jellerinde kullanımını sınırlayan temel faktörlerden birisi enzim konsantrasyonudur. Çiğ sütte kazeinlerin %25'inin, kazein çözeltilerinde ise %70'inin TG ile oligomerizasyonu sonucunda jel sıklığı, jelleşme süresi,  $\tan \delta$  (loss tangent) değeri ve sinerezde azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Jaros ve ark., 2010). Asit kazein jellerinin TG aracılığı ile fiziksel niteliklerinin gelişmesinde oligomerik kazein yerine ağırlıklı olarak di- ve trimerik kazein etkili olmaktadır.

Kazein misellerinin çapraz bağlanmasında doğal TG yerine mikrobiyal MTG kullanılması hem ekonomik hem de teknik açıdan daha olumlu sonuçlar vermektedir. MTG'in doğal TG'e göre  $\text{Ca}^{+2}$ 'e karşı çok daha az hassas olması, süt ürünlerinde jel oluşumu için kullanılabilme olanağı sağlamaktadır. MTG ile kazein misellerinin



çapraz bağlanmasıyla meydana gelen jel oluşumu iki açıdan önemlidir (Kırmacı, 2005):

1- Misellerin iç kısmının intermoleküler çapraz bağlanmasıyla, misellerin bütünlüğü korunmakta ve dolayısıyla misellerin asidifikasyon ve soğutma gibi işlemlerden etkilenmemesi sağlanmaktadır.

i) Asidifikasyon sırasında, koloidal kalsiyum fosfat bazı kazeinlerin çözünürlüğünü sınırlandırmaktadır.

ii) Soğutma esnasında  $\beta$ -kazeinin kısmi çözünürlüğü belli oranda korunabilmektedir.

2- Misel yüzeyinde kazeinlerin çapraz bağlanmasıyla oluşan jellerin sıklığı artmaktadır.

Sonuç olarak; asidifikasyon ya da rennetleme ile üretilen geleneksel kazein jelinin zayıf fiziksel interaksiyonlar sonucu oluşmasına karşın, TG etkisiyle meydana gelen çapraz bağlarla oluşan kazein jelleri bazı farklı özelliklere sahiptir.

- ❖ Bu tip jeller, geleneksel jellere göre daha sıkı bir yapıya sahiptir ve daha kısa sürede meydana gelirler,
- ❖ Isıtma anında sıcaklığa bağımlı değildir,
- ❖ Uzun depolama sırasında bile herhangi bir serum ayrılması meydana gelmez.

#### 2.4. Süt Ürünlerinde MTG Kullanımı

Süt proteinlerinin, özellikle de kazeinin MTG enzimi için çok iyi bir substrat olduğu (Faergemand ve ark.; 1999, Özrenk, 2006) ve MTG enzimi ile modifiye edilen süt proteinlerinin çözünebilirlik, su tutma, jelleşme, emülsifiye etme gibi fonksiyonel özelliklerinin geliştiği belirtilmektedir (O'Sullivan ve ark., 2002).

Gıda alanında endüstriyel uygulamalarda, gerek aktivite için kalsiyuma gereksinim duymaması ve gerekse süt proteinlerinin çözünebilirlik, su tutma, jelleşme, emülsifiye etme gibi fonksiyonel özelliklerine olumlu etkisinden dolayı *Streptovorticillum mobaraense*' den elde edilen mikrobiyal kaynaklı transglutaminaz enziminin (MTG) tercih edildiği ve MTG enzimi ile modifiye edilen

süt proteinlerinin çözünbilme, su tutma, jelleşme, emülsifiye etme gibi fonksiyonel özelliklerinin artış gösterdiği ve süt ürünlerinin üretiminde MTG enzimi kullanımı için en avantajlı ürünün yoğurt olduğu ifade edilmektedir (Lorenzen ve ark., 2002, Yokoyama ve ark., 2004).

Literatürde, MTG enziminin etkisi daha çok set tipi yoğurtta araştırılmıştır. Bu konuda yürüttükleri çalışmalarda, Bönisch ve ark. (2007), Özer ve ark. (2007), Yüksel ve Erdem (2010) ve Şanlı ve ark. (2011) MTG enzimi kullanımı ile yoğurtlarda jel stabilitesinin arttığını ve serum ayrılmasının azaldığını tespit etmişlerdir. Enzimin, protein ve yağ içeriği düşük olan fermente ürünlerde de etkili olduğu ve son ürünün duyu niteliklerinin protein içeriği yüksek tam yağlı yoğurtlara benzerlik gösterdiği başka araştırmacılar tarafından da açıklanmıştır (Faergemand ve ark. 1999, Lorenzen ve ark. 2002). Ayrıca, MTG enziminin yağ içeriği düşük olan yoğurtlarda stabilizatör kullanımına alternatif olabileceği vurgulanmıştır (Faergemand ve ark., 1999).

Çizelge 2.1. MTG enziminin farklı süt ürünlerindeki işlevleri (Lorenzen ve Schlimme, 1998).

Ürün	Enzimatik Modifikasyonun Yarattığı Etki
Kazeinatlar	Jelleşme ve emülsifikasyon niteliğinde gelişme
Serum proteinleri	Paketleme filmlerinin oluşması ve niteliklerinin gelişmesi
Yoğurt	Pıhtı sıklığında artış, Serum ayrılmasında azalma
Taze-Olgun peynir	Ürün randımanında artış, Serum ayrılmasında azalma
Dondurma	Su bağlama niteliğinde artış, Jelleşme niteliğinde iyileşme
Krem şanti	Fiziksel niteliklerin geliştirilmesi
Kurutulmuş süt ürünleri	Stabilitede artış

MTG'nin katalize ettiği çapraz bağlanmanın yoğurdun pıhtı sıklığını ve viskozitesini artırdığı, ayrıca su bağlama kapasitesindeki artışa bağlı olarak serum ayrılmasında azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Yüksel ve Erdem, 2010). Özellikle yağsız ya da az yağlı yoğurtlarda pıhtı sıklığını artırdığı, serum ayrılmasını geciktirdiği ve depolama asitliğini de önemli ölçüde azalttığı belirtilmektedir (Kuraishi ve ark. 2001).

Yoğurt üretiminin en kritik işlem basamaklarından birisi, sütün toplam yağsız kurumadde içeriğinin artırılmasıdır. Kurumadde artırımının temel gerekçesi; son üründe arzu edilen fiziksel ve duyuşsal niteliklerin elde edilmesi ve yüksek düzeyde tüketici beğenisinin sağlanmasıdır (Özer, 2006). Diğer taraftan, yoğurt jelinin oluşumunda önemli role sahip olan süt yağının azaltılmasına bağılı olarak, yoğurdun tekstürel özelliklerinde olumsuzluklar gözlemlendiğı bilinmektedir (Tamime ve Robinson, 1999).

Faergemand ve ark. (1999)'nın düşük yağ içerikli yoğurtlarla yaptıkları çalışmalarda, MTG'nin katalizlediğı çapraz bağlanma sonucu, serum ayrılması açısından son ürünün kararlılığının geliştiiğı ve pıhtı sıklılığının arttığı ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, MTG enzimi içeren az yağlı yoğurtların tekstür profilinin, MTG enzimi ilave edilmemiş tam yağlı yoğurdun tekstür profili ile oldukça benzerlik gösterdiğini belirlemiştir. Bu bağlamda, enzimatik modifikasyonun az yağlı yoğurtların stabilizasyonu için uygun bir yöntem olabileceğı ileri sürülmüştür. Set tipi yoğurt üretiminde MTG enzimi kullanımının yoğurdun tekstürel ve yapısal özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda (Faergemand ve ark., 1999; Yüksel ve Erdem, 2010; Şanlı ve ark., 2011), MTG enzimi ilavesinin yoğurt örneklerinde pıhtı sıklılığını artırdığı ve serum ayrılmasını önemli oranda azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, MTG enzimi ilavesiyle, protein ve yağ içeriği azaltılan süttten üretilen yoğurt örneklerinin kontrol örneklerine benzerlik gösterdiğı tespit edilmiş ve az yağlı yoğurt üretiminde MTG enzimi kullanımının kurumadde artırımını ve stabilizatör kullanımına karşı alternatif bir yöntem olabileceğı bildirilmiştir (Faergemand ve ark., 1999; Özer ve ark., 2007). Bunlara ek olarak, bazı araştırmacılar, MTG enzimi ilave edilmiş süttten yapılan yoğurt örneklerinin yapısal açıdan kurumadde içeriği artırılmış tam yağlı yoğurt örneklerine benzerlik gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Lorenzen ve ark., 2002; Lorenzen ve Neve, 2003).

Kırmacı ve ark. (2004) tarafından yağsız yoğurt üretiminde tekstürü iyileştirmek amacıyla MTG enziminin kullanım olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada, yağın uzaklaştırılması ile oluşan tekstürel zayıflığın iyileştirilmesinde MTG'nin etkili bir işleve sahip olabileceğı ortaya konulmuştur. Enzimin, yoğurt bakterileri üzerinde kısmi inhibisyon etkisi gösterdiğı ve buna bağılı olarak yoğurtta inkübasyon süresinin bir miktar uzadığı belirlenmiştir. Ayrıca; MTG enzimi

kullanıldığında ısı işleminin 75-80°C'ye kadar çekilebileceği ve kurumadde artırımının elemine edilebileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte; enzim miktarındaki artışa bağlı olarak klasik yoğurt tat-aromasında azalma olduğu tespit edilmiştir.

MTG enzimi ile işlem görmüş sütlerden üretilen yağsız sütünün az yağlı yoğurt üretiminde serum ayrılmasını azaltmak amacıyla kullanılabilirliği bildirilmiştir. Imm ve Lee (2000), enzimatik modifikasyon ile su bağlama kapasiteleri ve jelleşme nitelikleri geliştirilen sütünün elde edilen jellerin reolojik özelliklerinin kontrole oranla daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

MTG'nin set tipi yoğurdun fizikokimyasal özelliklerine etkisinin incelendiği bir diğer araştırmada; Öner ve ark. (2004), MTG enzimi ilave edilmiş süttten elde ettikleri yoğurt örneklerinin pıhtı sıkılığında artış ve serum ayrılmasında azalma belirlemişlerdir. Bununla birlikte; MTG enzimi ilavesinin yoğurdun temel aroma maddesi olan asetaldehit miktarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuç; Özer ve ark. (2007) tarafından, MTG enzimi ile işlem görmüş süttten üretilen yağsız yoğurtlarda belirlenmiştir. Araştırmacılar, MTG enziminin miktarındaki artışa bağlı olarak yoğurt örneklerinin asetaldehit içeriğinde azalma meydana geldiğini belirtirken, 21 günlük depolama sonucunda yoğurt örneklerinin fiziksel niteliklerinde gelişme olduğunu kaydetmişlerdir. Ayrıca; MTG'nin yoğurt starter bakterilerinin gelişimini yavaşlattığını ve artan enzim miktarına bağlı olarak asitlik gelişiminin azaldığını saptamışlardır.

Süt proteinlerinin MTG enzimi ile enzimatik çapraz bağlanmasının set tipi yoğurtların fonksiyonel nitelikleri üzerine etkisinin incelendiği bir araştırmada Yüksel ve Erdem (2010), MTG'nin aktif olması durumunda belirlenen modifikasyonların daha dikkate değer olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca; MTG enzimi kullanımı ile tekstürel özellikleri geliştirilmiş ve yağsız kurumadde içeriği düşük yağsız yoğurtların üretilebileceği ortaya konmuştur.

Süt proteinlerinin enzimatik yolla çapraz bağlantıya uğratılmasının set tipi yoğurt üretiminde kullanılabilir olanağının incelendiği diğer bir araştırmada; Lorenzen ve ark. (2002) sütün yoğurt bakterileri ile fermentasyonundan önce, MTG enzimi ile ön inkübasyona tabi tutulması halinde fermentasyon süresinin uzadığını; enzimin starter kültürle birlikte süte ilave edilmesi durumunda ise; fermentasyon

süresinin değişmediğini tespit etmişlerdir. Aynı zamanda duyuşal açıdan MTG enzimi ilave edilen yoğurt örneklerinin klasik yoğurt aroma özelliklerini tam olarak taşımadığı belirtilmiştir.

Yoğurt üretiminde MTG enzimi kullanımına yönelik çalışmalarda; artan enzim miktarına bağılı olarak viskozitede artış meydana geldiğı ve serum ayrılmasının önleendiğı bildirilmektedir. Ancak; aşırı miktarda enzim kullanımının aynı etkiyi göstermediğı, yüksek düzeyde  $\epsilon$ - ( $\gamma$ - glutamin) lisin oluşumuna bağılı olarak; yoğurt jelinde uygun ağı yapısı oluşumunun engellendiğı ve aşırı sıklıktan dolayı yoğurdun kırılmaya karşı gösterdiği direncin azaldığı tespit edilmiştir (Kuraishi ve ark., 2001).

MTG enziminin süte ilave edilme aşamasının yoğurt üretim parametreleri üzerine etkisi konulu araştırmalarda (Kuraishi ve ark., 2001; Lorenzen ve ark., 2002), sütün fermentasyon öncesi MTG enzimi ile muamele edilmesinin, inkübasyon süresinde uzamaya yol açtığı, ayrıca depolama sonrası daha düşük asitlik oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir. MTG'ın süte starter kültürle birlikte katıldığı araştırmalarda ise, inkübasyon süresinde uzama gözlenmediğı, ancak depolama sonrası asitlik gelişiminde azalma olduğu tespit edilmiştir (Lorenzen ve ark., 2002, Yüksel ve Erdem, 2010). Buna karşın; Lorenzen ve Schlimme (1998), enzim kullanımının depolama sürecinde asitlik profilinde (pH ve titrasyon asitliğı) önemli bir farklılık yaratmadığını bildirmiştir.

Kırmacı ve ark. (2004), MTG enziminin fermentasyondan önce inaktive edilmesinin, yoğurdun nitelikleri üzerinde herhangi bir olumsuzluk yaratmadığını saptamışlardır. Yüksel (2007), set tipi yoğurt üretiminde, enzimin aktif olması durumunda ortaya çıkan değişikliklerin daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur.

Fermentasyondan önce, MTG enzimi ile muamele edilen süttten üretilen set tipi yoğurtlarda, pıhtı sıklılığının iki kat arttığı, enzimin starter kültürle aynı anda süte ilave edildiğı örneklerde ise beş kat artış olduğu belirlenmiştir (Lorenzen ve ark., 2002). Jel sıklılığında meydana gelen bu artış, protein ağı yapısında gözenek boyutunun küçülmesi ve proteinlerin yoğurt jeli içinde daha düzenli olarak dağılması ile açıklanabilmektedir.

Süt proteinlerinin MTG enzimi ile enzimatik modifikasyonunun set tipi yoğurdun nitelikleri üzerine etkisini araştıran Sezgin ve ark. (2008), MTG enzimi ile

muamele edilen yoğurtlardan özellikle enzimin aktif olduğu örneklerde jel sıklığında artış ve serum ayrılmasında azalma olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca; MTG'nin yoğurt üretiminde yağ ikame maddesi ve ekzopolisakkarit üreten starter kültür yerine kullanımının çok daha üstün niteliklere sahip ürün üretimine olanak sağladığı tespit edilmiştir.

Keçi sütü kullanılarak üretilen yoğurtlarda yapı ve konsistens üzerine MTG'nin etkisinin belirlendiği bir araştırmada Farnsworth ve ark. (2003), enzim ilaveli örneklerin toplam kurumadde, pH ve protein içeriği gibi özelliklerinde kontrol örneğine oranla önemli bir farklılık olmadığını saptamışlardır. Bununla birlikte; enzim katkılı yoğurt örneklerinin viskozitesinde önemli oranda artış ve serum ayrılmasında azalma tespit etmişlerdir. Ayrıca, enzim katkılı yoğurt örneklerinin kontrol örneğine oranla daha sıkı bir yapıya sahip oldukları elektron mikroskobu ile görüntülenmiştir. Araştırmacılar, MTG enzimi kullanımıyla oluşan enzimatik çapraz bağlanmanın keçi sütünden elde edilen yoğurtlarda konsistensi geliştirebilecek etkili bir metod olduğunu bildirmişlerdir.

Çelikel (2012), MTG kullanımının yarım yağlı ayranın fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve kısmen de duyuşsal özellikleri üzerinde olumlu etki yarattığını bildirmiştir.

MTG enziminin, yoğurt dışında yağ ve kurumadde içeriği azaltılmış peynir ve dondurma üretiminde de başarılı bir şekilde kullanılabileceği belirtilmektedir (Yokoyama ve ark., 2004; Yüksel ve ark., 2011; Motoki ve Seguro, 1998; Yüksel ve Erdem, 2010).

Dondurulmuş sütlü tatlılarda MTG enzimi kullanımının kalite gelişimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir araştırmada (Kuraishi ve ark., 2001), enzim katkılı dondurmada özellikle de buzlu yapı kusurunun görülebileceği düşük kalorili dondurmalarda enzim ilavesiyle daha pürüzsüz bir yapı elde edildiği ve dondurmanın kaşıkla daha kolay alınabileceği bildirilmiştir. Daha sıkı ve stabil bir yapı oluşması sayesinde buz kristallerinin oluşumunun engellenmesi bu durumu açıklanmaktadır. Ayrıca; MTG'nin serum ayrılmasını önleme, su bağlama kapasitesi ve viskozitede artışa neden olma, buz kristallerinin oluşumunu önleme gibi etkilerine bağlı olarak stabilizatör kullanımına alternatif olabileceği bildirilmektedir.

Metwally (2007) tarafından, farklı oranlarda yağ ve stabilizatör içeren dondurmaların fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine MTG enzimi kullanımının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; enzim kullanımıyla stabilizatör miktarının azaltılabileceği ve yağı azaltılmış dondurma üretiminin mümkün olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca; MTG'nin son ürünün fiziksel ve duyuşal nitelikleri üzerinde olumlu etkiler yarattığı ifade edilmiştir.

Kırımhan (2011)'in yaptığı yüksek lisans çalışmasında, MTG enzimi uygulanmış yoğurtların kullanımı miks örneklerinin asitlik profilini (pH ve titrasyon asitliği) etkilememiş, viskozitelerini artırmıştır. MTG enziminin ısıl işlemden sonra süte katılması suretiyle üretilen yoğurtların kullanımı miks örneklerinin viskozitesinde belirgin bir artışa neden olmuştur. Yoğurt dondurması örneklerinde, MTG enzimi ile muamele edilmiş yoğurt kullanımı ile düşük hacim artışı elde edilmiştir. MTG enzimi ile muamele edilmiş yoğurtların kullanımı yoğurt dondurması örneklerinde erime hızını yavaşlatarak daha az erimeye yol açmış, dolayısıyla erimeye karşı gösterilen direncin arttığı ortaya konulmuştur. Ayrıca, ortamda yağın bulunmasına bağlı olarak erime karakteristiklerinin gelişme gösterdiği belirlenmiştir. Yoğurt dondurması örneklerinin erime karakteristiklerinde sağlanan gelişmeye paralel olarak, MTG enzimi ile muamele edilmiş yoğurtların kullanımıyla yoğurt dondurması örneklerinin şekillerini daha iyi muhafaza ettikleri belirlenmiştir. MTG enzimi uygulanmış yoğurtların kullanımı ile yoğurt dondurması örneklerinin tekstürel özelliklerinin iyileştirilebileceği belirlenmiştir. MTG enzimi uygulanmış yoğurtların kullanımının yoğurt dondurması örneklerinin duyuşal özelliklerinde herhangi bir olumsuzluk yaratmadığı, bununla birlikte yapı ve kıvam bakımından enzim ilaveli yoğurtların kullanıldığı yoğurt dondurması örneklerinin panelistler tarafından daha çok beğenildiği belirlenmiştir.

Göncü (2012), dondurma üretiminde MTG enziminin diğer stabilizörlerle birlikte ısıl işlemden sonra ilave edilmesinin dondurmaların fiziksel ve duyuşal özelliklerinin olumlu etkilerini bildirmiştir.

şener (2012)'in yaptığı araştırmaya göre, enzim uygulaması ile peynirde gerçeğ verimin %3.6-4.4 dolayında arttığı ve bu artışın yalnızca su içeriğinden değil, aynı zamanda MTG katkılı peynirlerde oransal protein içeriklerinin de kontrol

örneklerine oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda peynir kitlesinde tutulan su miktarında artış olmasına karşın bu peynirlerin daha yüksek sertlik ve esneklik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Aaltonen ve ark. (2014), TG'nin suyu bağlayarak Edam peynirinde %4 oranında verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Geleneksel olarak peynirde su içeriğinin artmasıyla peynirin yumuşak tekstüre sahip olacağını belirten bu araştırmacılar, TG kullanımıyla peynirde su içeriğinin artmasıyla birlikte proteinlerin çapraz bağlanması sayesinde peynir sertliğinin azalmadığını ve depolama süresince kontrol peynirlerde görülen yumuşamanın TG kullanılan peynirlerde görülmediğini bildirmişlerdir. Organoleptik özelliklerin kontrol örneklerinden farklı olmadığını ve TG kullanımının peynir kalitesine olumsuz etkisinin olmadığını saptamışlardır.



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Süt

Peynir üretiminde Şanlıurfa'da faaliyet gösteren Anı Süt Ltd. Şti.'den sağlanan sabah sağıcı taze inek sütü kullanılmıştır. Peynir üretimleri, Harran Üniversitesi Şanlıurfa Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Programı uygulama laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

##### 3.1.2. Starter kültür

Peynir üretiminde starter kültür olarak mesofilik homofermentatif *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ve *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* kültür karışımı kullanılmıştır (R-703, Chr. Hansen Gıda Sanayi ve Tic. A.Ş , İstanbul).

##### 3.1.3. Mikrobiyal transglutaminaz ( $Ca^{+2}$ 'den bağımsız MTG)

Araştırmada kalsiyumdan bağımsız mikrobiyal transglutaminaz ( $Ca^{+2}$ -independent MTG preparation Activa® YG) kullanılmıştır. Enzimin spesifik aktivitesi  $100 \text{ U g}^{-1}$  protein' dir. Enzim kullanım anına kadar  $-20 \text{ }^\circ \text{C}$ ' de depolanmıştır ve Ajinomoto Foods Europe S. A. S., France tarafından sağlanmıştır.

### 3.1.4. Peynir mayası, kalsiyum klorür, salamura tuzu ve kimyasal maddeler

Üretimde Mayasan A.Ş.' den (Sanayi Cad. Sülün Sok. No 17, 34530, Yenibosna, İstanbul) sağlanan 1/16.000 MCU/ml kuvvetinde ticari peynir mayası kullanılmıştır. Maya %80 kimozi ve %20 pepsin karışımı içermektedir. Peynir yapımı sırasında ısı işlem sonrası bozulan iyonik kalsiyum dengesinin yeniden kurulması amacıyla kullanılan kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ) Sigma-Aldrich Co.' dan (D 82039 Deisenhofen, Almanya) sağlanmıştır. Kalsiyum klorür %0.02 (w/v) oranında kullanılmıştır. Salamura hazırlığında yıkanmış iri taneli peynir salamura tuzu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler Sigma-Aldrich Co (St. Louis, MO, USA)' den ve Merck KGaA, Darmstadt, Germany 'den satın alınmıştır.

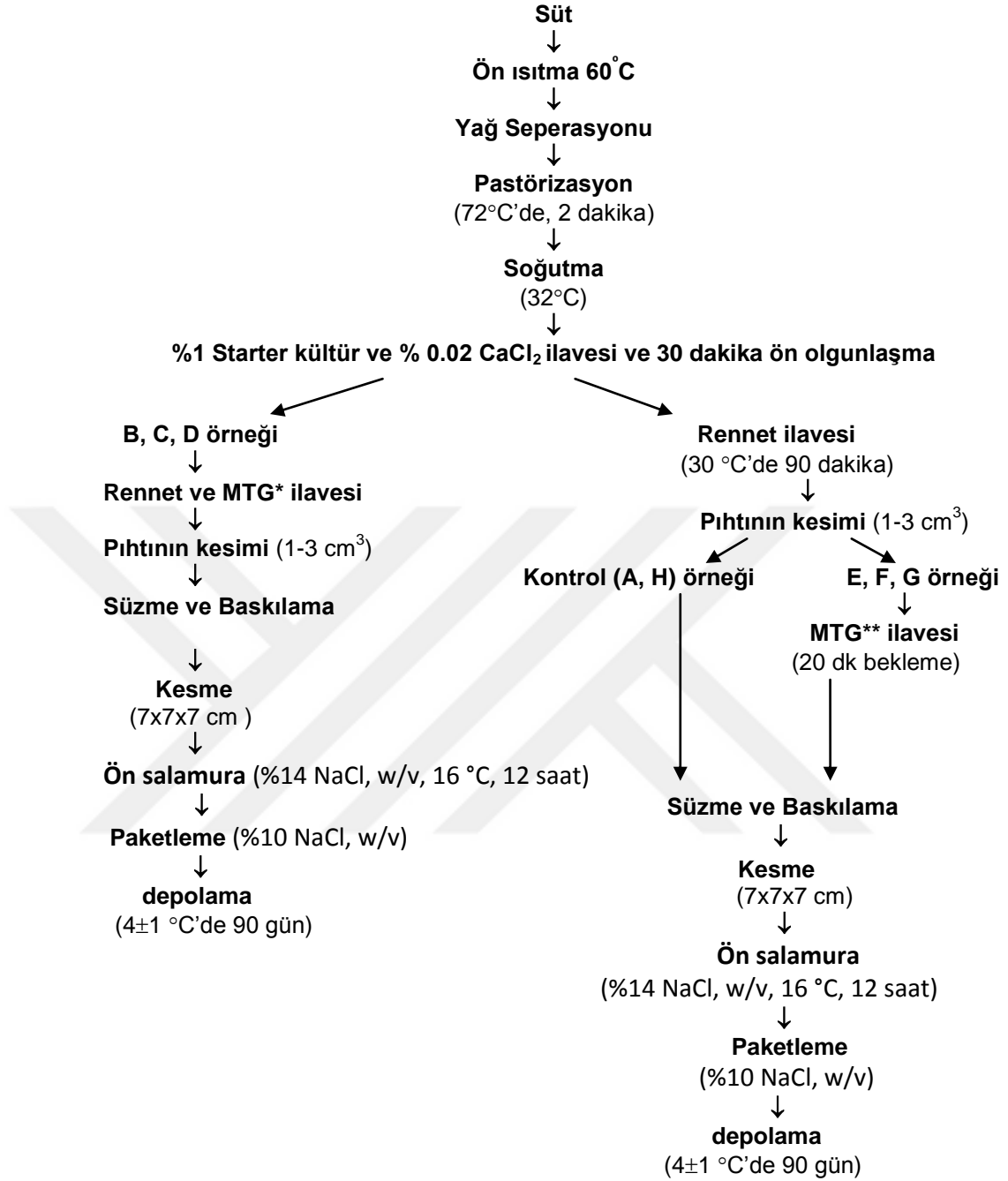
## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Beyaz peynir üretimi

Beyaz Peynir Üretimi, Anı Süt Ltd. Şti.'den sağlanan çiğ süt kullanılarak, Harran Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Programı uygulama laboratuvarında peynir üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretim üç defa tekrarlanmıştır. Peynir üretim aşamaları Şekil 3.1'de sunulmuştur. Buna göre; gerekli ön testlerden (görsel kirlilik, toplam asitlik ve pH) geçirilen 400 litre sabah sağımı taze inek sütü  $65^\circ\text{C}$ 'de ön ısıtmaya tabi tutularak 7/8 kısmının yağ oranı bir seperatör yardımıyla %1.15'e düşürülmüş ve 1/8 kısmı ise % 3.55 olarak bırakıldıktan sonra  $72\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 2 dakika ısı işlemine tabi tutulup  $32^\circ\text{C}$ 'ye soğutulmuştur. Sütlere peynir kültürü (%1, w/v) ve kalsiyum klorür (%0.02, w/v) eklenmiş ve asitlik gelişiminin sağlanması amacıyla 30 dakika ön olgunlaştırması yapıldıktan sonra kazan başı testlerle belirlenen miktarlarda peynir mayası (1/16.000 MCU/ml aktivitede) süte ilave edilmiştir. Maya miktarı 90 dakikada kesim olgunluğuna gelecek şekilde hesaplanmıştır. Kesim olgunluğuna gelen pıhtı peynir

kesme bıçaklarının yardımıyla yaklaşık 1cm<sup>3</sup>'lük parçalar halinde kesildikten sonra baskı yoluyla serum ayrılması sağlanmıştır.

Peynir üretiminde üç farklı oranda ve iki farklı zamanda MTG enzimi uygulanmıştır. Enzim oranları; 0.25 U/g protein, 0.50 U/g protein ve 1U/g protein olmak üzere mayayla birlikte ve pıhtı kesiminden hemen sonra uygulanmıştır. Yarım yağlı B, C ve D örneklerine sırasıyla 0.25 U/g protein, 0.50 U/g protein ve 1U/g protein oranlarında MTG enzimi peynir mayasıyla aynı anda ilave edilmiştir. Yarım yağlı E, F ve G örneklerine pıhtı kesiminden hemen sonra sırasıyla 0.25 U/g protein, 0.50 U/g protein ve 1U/g protein oranlarında MTG enzimi ilave edilmiştir. Yağı azaltılmış A örneği ve tam yağlı H örneği kontrol örnekleridir. Baskıdan alınıp 7 cm<sup>3</sup>'lük kalıplar halinde kesilen peynir örnekleri önceden pastörize edilen (85 °C/ 30 dakika) %14 (w/v) konsantrasyonunda salamura içerisinde 1 gece bekletilmiştir. Ardından peynir blokları %10 (w/v) tuz içeren salamura içerisinde 1 Kg'lık ambalajlara alınarak soğuk depoya konulmuştur. Depolama süresi 4 °C'de 90 gün olarak belirlenmiştir. Örneklerin fiziksel, duyusal ve kimyasal analizleri 1., 15, 30., 60. ve 90. günlerde yapılmıştır.



Şekil 3. 1. Beyaz peynir üretimi akış şeması

\* : 0.25 U/g protein (B), 0.50 U/g protein (C), 1.00 U/g protein (D)

\*\* : 0.25 U/g protein (E), 0.50 U/g protein (F), 1.00 U/g protein (G)

Örnekler şu şekilde kodlanmıştır;

**A:** Yarım yağlı kontrol Beyaz peynir örneği,

**B:** 0.25 U/g protein MTG enziminin maya ile birlikte katıldığı yarım yağlı Beyaz peynir örneği,

**C:** 0.50 U/g protein MTG enziminin maya ile birlikte katıldığı yarım yağlı Beyaz peynir örneği,

**D:** 1.00 U/g protein MTG enziminin maya ile birlikte katıldığı yarım yağlı Beyaz peynir örneği,

**E:** 0.25 U/g protein MTG enziminin pıhtı kesiminden hemen sonra katıldığı yarım yağlı Beyaz peynir örneği,

**F:** 0.50 U/g protein MTG enziminin pıhtı kesiminden hemen sonra katıldığı yarım yağlı Beyaz peynir örneği,

**G:** 1.00 U/g protein MTG enziminin pıhtı kesiminden hemen sonra katıldığı yarım yağlı Beyaz peynir örneği,

**H:** Tam yağlı kontrol Beyaz peynir örneği.

### **3. 2. 2. Çiğ süt ve peyniraltı suyu analizleri**

#### **3. 2. 2. 1. pH değeri**

Sütlerde, peyniraltı sularında pH değerleri doğrudan inolab WTW (Weilheim, Germany) marka dijital pH metre kullanılarak saptanmıştır.

#### **3.2.2.2. Titrasyon asitliği değeri**

Çiğ sütte asitlik tayini alkali titrasyon yöntemi ile saptanmıştır ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (IDF, 1982).

#### **3.2.2.3. Kurumadde oranı**

Çiğ sütte ve peyniraltı sularında gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (IDF, 1982).

#### 3.2.2.4. Yağ ve yağsız kurumadde oranları

Yağ oranları 0-8 taksimatlı özel süt bütirometresi ile Gerber yöntemine göre % olarak belirlenmiştir (Anonim, 1994). Yağsız kurumadde ise, % kurumadde oranından % yağ oranının çıkarılması ile hesaplanmıştır.

#### 3.2.2.5. Protein oranı

Elementel analiz cihazı (Thermo flash 2000) ile % azot miktarı tespit edilip 6.38 faktörü ile çarpılmasıyla protein miktarı hesaplanmıştır.

#### 3.2.2.6. Peynir Randımanı

Peynirlerin randıman değerleri, elde edilen peynir miktarının kullanılan süt miktarına oranlanıp 100 ile çarpılmasıyla saptanmıştır. Sonuçlar, 100 kg süttten elde edilen kg peynir olarak ifade edilmiştir (Yetişmeyen, 1995).

#### 3.2.2.7. Maya miktarı

32±1 °C'deki 100 ml süte 1:10 düzeyinde sulandırılan sıvı mayadan 1 ml katılarak pıhtılaşmanın ilk görüldüğü an tespit edilip buna göre peynire işlenecek süte katılması gereken maya miktarı, pıhtının kesim olgunluğuna 90 dakikada erişebileceği şekilde aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanarak bulunmuştur (Gönç, 1984).

$$\text{Maya Miktarı (ml)} = (A \times B) / (C \times 60)$$

Formülde görülen A, 100 ml sütte ilk pıhtı oluşum süresini (s); B, pıhtılaştırılacak süt miktarını (kg); C, pıhtılaşmanın oluşması için istenilen sürenin (dakika) ¼'ünü ifade etmektedir.

### 3.2.3. Peynir analizleri

Beyaz peynirlerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyu analizi için olgunlaşmanın 1., 15., 30., 60 ve 90. günlerinde düzenli olarak yapılmıştır. Elektroferez tayinleri ise örnekler olgunlaşma süresi boyunca düzenli olarak dondurulduktan sonra olgunlaşma süresi sonunda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca peynirlerin mikrostrüktürleri depolamanın 15. gününde görüntülenmiştir.

#### 3.2.3.1. pH değeri

Beyaz peynir örneklerinde pH değerleri, özel peynir elektrodu kullanılarak peynirin farklı derinliklerine saptamak suretiyle (en az 10 farklı nokta) inolab WTW (Weilheim, Germany) marka dijital pH metre kullanılarak saptanmıştır (Law ve ark., 1992).

#### 3.2.3.2. Titrasyon asitliği değeri

Alkali titrasyon yöntemine göre, 10 g peynir örneğinin havanda ezilip üzerine 3-5 ml saf su ilave edilmesiyle elde edilen homojen karışımın ayarlı 0.1 N NaOH ile titre edilmesiyle bulunmuş ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (Anonim, 1995).

#### 3.2.3.3. Kurumadde oranı

Peynir örneklerinde kurumadde oranları, belirli miktarlardaki örneklerin 100  $\pm$ 2 °C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması ile gravimetrik olarak belirlenmiştir (IDF,1982).

#### 3.2.3.4. Yağ ve kurumaddede yağ oranları

Örneklerin yağ oranları, 0-40 taksimatlı Van Gulik butirometreleri kullanılarak Gerber yöntemine göre yapılmıştır (Kotterer ve Münch, 1978). Kurumaddede yağ

değerleri formülle ( $\% \text{ kurumadede yağ} = \% \text{ yağ} \times 100 / \% \text{ kurumadde}$ ) hesaplanmıştır (Yöney, 1973).

### **3.2.3.5. Tuz ve kurumadede tuz oranları**

Tuz oranları Mohr titrasyon yöntemine göre, hazırlanan örneğin ayarlı 0.1 N AgNO<sub>3</sub> ile titrasyonu sonucu belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. Kurumadede tuz oranı ise; formülle ( $\% \text{ kurumadede tuz} = \% \text{ tuz} \times 100 / \% \text{ kurumadde}$ ) hesaplanmıştır (Anonim, 1989).

### **3.2.3.6. Toplam azot oranı**

Toplam azot miktarı Dumas yöntemiyle belirlenmiş (Wiles ve ark., 1998) ve bu azot değeri 6.38 faktörüyle çarpılarak % toplam protein miktarı hesaplanmıştır.

### **3.2.3.7. Protein ve kurumadede protein oranları**

Protein oranları, Dumas yöntemi ile bulunan azot miktarlarının 6.38 faktörü ile çarpılması ile hesaplanmıştır. Kurumadede protein oranları ise peynir örneklerinde % kurumadde ve % protein değerlerinden hesaplanarak bulunmuştur.

### **3.2.3.8. Suda çözünen azot (SÇA) oranı**

Kuchroo ve Fox (1982)'de belirtilen yöntemine göre suda çözünen azotlu maddelerin ayrılması sağlanmıştır. Bu amaçla, 10 g peynir örneği 40 ml su ile karıştırılıp Ultra Turrax blender (Janke & Kunkel KG, IKA, Werk, Almanya) kullanılarak 2 dakika homojenize edilmiştir. Karışım 1 saat 40 °C'deki su banyosunda tutulmuş ve ardından 3000' g'de ve +4 °C'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası, üst kısımdaki yağ tabakası bir spatül ile uzaklaştırıldıktan sonra, sıvı kısım Whatman No.42 beyaz bant filtre kağıdından süzümüştür (IDF, 1993). Filtrattan 2-3 mg alınarak, Dumas yöntemi (Thermo



Scientific™ FLASH 2000 CHNS/O Analyzer Thermo Fisher Scientific Inc.) ile SÇA içeriği saptanmıştır. Kalan süzüntü diğer analizlerde kullanılmıştır.

### 3.2.3.9. % 12 Trikloroasetik asitte (TCA) çözünen azot oranı

SÇA'da hazırlanan ekstraktan 25 ml alınarak eşit hacimde % 24'lük Trikloroasetik asit (TCA) çözeltisinden karıştırılmış (son TCA konsantrasyonu % 12 olacak şekilde) oda sıcaklığında 30 dakika beklendikten sonra, karışım Whatman No. 42 beyaz bant filtre kağıdından süzölmüş ve filtrattan 10 ml alınarak, standart mikro-Kjeldahl metodu ile (IDF, 1993) TCA'de çözünen kısmın azot içeriği saptanmıştır (Polychroniadou ve ark., 1999).

$$\% 12 \text{ TCA'de çözünen azot (w/w)} = \frac{[1.4 \times (V1 - V0) \times N \times F]}{m}$$

V1: Örnek için harcanan HCl, ml

V0: Kör denemede harcanan HCl, ml

N: HCl' nin standart volumetrik çözeltisinin normalitesi

F: HCl çözeltisinin faktörü

m: Örnek miktarı, g

### 3.2.3.10. %5 fosfotungustik asitte (PTA) çözünen azot oranı

Jarrett ve ark. (1982)'de belirtilen yönteme göre, suda çözünen azotta hazırlanan ekstraktan 5 ml alınmış ve üzerine 3.5 ml 3.95 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile 1.5 ml % 33.3'lük PTA çözeltisinden ilave edilmiştir. Karışım +4 °C'de 1 gece bekletildikten sonra Whatman No. 42 filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen süzöntünün azot içeriği mikro-Kjeldahl metodu ile (IDF, 1993) saptanmıştır.

$$\% 5 \text{ PTA'da çözünen azot (w/w)} = \frac{[1.4 \times (V1 - V0) \times N \times F]}{m}$$

V1: Örnek için harcanan HCl, ml

$V_0$ : Kör denemede harcanan HCl, ml

N: HCl'nin standart volumetrik çözeltisinin normalitesi

F: HCl çözeltisinin faktörü

m: Örnek miktarı, g

### 3.2.3.11. Kazein azotu oranı

Toplam azot oranından SÇA değerinin çıkarılması ile hesaplanmış ve sonuçlar % azot üzerinden belirtilmiştir (Argumosa ve ark., 1992).

### 3.2.3.12. Proteoz-pepton azotu (PP-N) oranı

Suda çözünen azot oranından % 12 TCA'da çözünen azot oranının çıkarılması ile bulunmuş ve sonuçlar % azot üzerinden ifade edilmiştir (Argumosa ve ark., 1992).

### 3.2.3.13. Beyaz peynirlerin olgunlaşma indeksi (SÇA'ya göre)

Suda çözünen azot (SÇA) değerinin toplam azota oranı olarak ifade edilebilen bu değer formül (olgunlaşma derecesi= % SÇA  $\times$  100 / % toplam azot) yardımı ile hesaplanmıştır (Uraz ve Şimşek, 1998).

### 3.2.3.14. Tekstür profil analizleri (TPA)

Tekstür profil analizleri olgunlaşmanın 1., 15., 30., 60. ve 90. günlerinde yapılmıştır. Peynirler 36 mm çapında ve  $25 \pm 0.5$  mm boyunda silindir şeklinde kesilmiştir. Peynirlerin Tekstür profil analizleri (sertlik, elastiklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik, dış yapışkanlık, sakızimsılık değerleri) TA.XT2; Texture Analyzer (Tektüre Technologies Corp., Scarsdale, NY/ Stable Microsystems, Godalming, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz şartları: P36R alüminyum silindir prob (36 mm çapında); ilk test hızı 1 mm/s; test hızı 2 mm/s; son test hızı 5 mm/s; sıkıştırma oranı % 20; tutma zamanı, 5s; tetikleme gücü 5g'dır. Elde edilen veriler Texture

Expert Exceed Version 2V3 (Stable Micro Systems, 1998) kullanılarak hesaplanmıştır.

### 3.2.3.15. pH 4.6'da çözünmeyen fraksiyonların üre-poliakrilamid jel elektroforez (üre-PAGE) analizleri

Biyokimyasal analizler, kazein fraksiyonları ile  $\alpha_{s1}$ - ve  $\beta$ -kazeinin hidroliz durumunu saptamak amacıyla urea-PAGE ile yapılmıştır. Olgunlaşmanın 1., 15., 30., 60. ve 90. günlerinde urea-PAGE kullanılarak kazein fraksiyonları belirlenmiştir. Bu amaçla, örnekler aşağıda açıklandığı şekilde analizlere hazırlanmış ve analizleri yapılmıştır.

#### a) Stok çözeltilerin hazırlanması

*Akrilamid çözeltisi:*

Saf suda % 40 (w/v) konsantrasyonunda hazır olarak (Merck, Darmstadt, Almanya) kullanılmıştır.

*Yoğunlaştırıcı jel tamponu:*

4.15 g tris (hydroxymethyl) aminomethane, 150 g üre, 2.2 ml konsantre HCl saf suda çözülmüş ve 500 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltinin pH sı HCl ile 8.9'a ayarlanmıştır.

*Ayırıcı jel tamponu:*

32.15 g tris (hydroxymethyl) aminomethane, 192.85 g üre, 2.86 ml konsantre HCl ile 8.9'a ayarlanmıştır.

*Elektrot tamponu:*

15 g tris (hydroxymethyl) aminomethane, 73 g glycine saf suda çözülmüş ve 5 l'ye tamamlanmıştır.

*Örnek tamponu:*

0.75 g tris (hydroxymethyl) aminomethane, 49 g üre, 0.4 ml konsantre HCl, 0.7 ml 2-mercaptoethanol, 0.15 g bromophenol blue saf suda çözülmüş ve 100 ml'ye tamamlanmıştır.

*Amonyum persulfat:*

Saf suda % 10 (w/v) konsantrasyonunda hazırlanmış ve 1'er ml eppendorf tüplerine konulmuştur ve daha sonra kullanılmak üzere -20 °C'nin altında dondurulmuştur.

*Boyama çözeltisi:*

1 g coomassie brillant mavisi G250 400 mL etanol içerisinde çözülerek, 100 mL asetik asit ve 500 mL saf su ilave edilmiştir. Ardından çözelti Whatman No: 113 filtre kağıdından süzölmüştür.

*Boya çözücü çözelti:*

400 mL etanol, 100 mL asetik asit ve 500 ml saf su ile karıştırılmıştır.

*% 0.1'lik bromfenol mavisi:*

0.1 g bromfenol mavisi tartılarak saf su ile hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır.

*% 1'lik merkaptto etanol:*

1 g merkaptto etanol tartılarak saf su ile hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır.

**b) Jel çözeltilerinin hazırlanması***Yoğunlaştırıcı jel çözeltisi:*

5 ml akrilamid çözeltisi, 45 ml stacking jel tamponu, 0.1 g N,N,N',N'-methylene bisacrylamide karıştırılmış ve Whatman No. 113 filtre kağıdından geçirilmiştir. Elde edilen filtrata, 25 µl N,N,N',N'-tetramathyleethylene diamine (TEMED) ilave edilmiştir.

*Ayırıcı jel çözeltisi:*

22.5 ml akrilamid çözeltisi, 52.5 ml separating jel tamponu 0.375 g N,N,N',N'-methylene bisacrylamide karıştırılmış ve Whatman No. 113 filtre kağıdından geçirilmiştir. Elde edilen filtrata, 37.5 µl N,N,N',N'-tetramathyleethylene diamine (TEMED) ilave edilmiştir.

**c) Örneğin hazırlanması**

Peynir örneklerinden 10 mg alınarak 1 ml örnek tamponunda çözülmüş ve 55 °C'de 10 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra ultrasonik banyoda 10 dakika bekletilmiştir ve ardından 1 dakika süre ile karıştırdıktan sonra, 4 mikro litre alınarak jellere enjekte edilmiştir.

**d) Elektroforezin uygulanması**

Elektroforez ünitesi, üretici firmanın (Bio-rad, California, U.S.A.) önerdiği biçimde kurulmuştur. Elektroforeze başlamadan hemen önce başlangıç polimerizasyonunu sağlamak için, ayırıcı çözeltisine 282  $\mu$ l amonyum persulfat ilave edilmiştir. Yoğunlaştırıcı jel çözeltisi, her iki jel ünitesine dökülmüş ve jel seviyesi, jel tarafları yerleştirildiğinde tarafların uç kısmından yaklaşık 1 cm aşağıda olacak şekilde ayarlanmıştır. Jelin üzerine saf su ilave edilmiş ve jel tamamıyla polimerize oluncaya kadar beklenilmiştir (~30 dk). Daha sonra üst kısımdaki su dikkatli bir şekilde dökülmüştür. Yoğunlaştırıcı jel çözeltisine 300  $\mu$ l amonyum persulfat ilave edildikten sonra jel ünitesine dökülmüş ve taraflar uygun pozisyonda yerleştirilmiştir. Çözelti polimerize olması için yeterli süre beklenilmiştir. (polimerizasyon görülünceye kadar, yaklaşık 30 dk). Polimerizasyondan sonra, taraflar çıkarılmış ve jeller içinde yeterli miktarda elektrot tamponu bulunan jel ünitesine yerleştirilmiştir. Elektroforez sistemi soğuk su ile sirküle edilerek soğutulmuştur. Jellere 30 dk süre ile 280 V elektrik akımı uygulandıktan sonra, Na-kazeinat (standart) ve peynir örnekleri özel şırınga ile jel kuyucuklarına enjekte edilmiştir. Örnekler, önce stajking jel tamponu boyunca 280 V'da, separating jel tamponu boyunca 300 V'da yürütülmüştür. Örneklerin jelde yürütülmesi, boya izinin jel ünitesinin dip kısmına gelinceye kadar devam etmiştir.

**e) Jelin boyanması**

Elde edilen jeller, Blakesley ve Boezi (1977)'nin önerilerine göre hazırlanan jel boyama çözeltisine daldırılmış ve burada bir gece bekletilmiştir. Bu sürede jelde bulunan proteinlerin yoğunluklarına göre boya ile kompleks oluşturmaları sağlanmıştır. Ardından, jeller saf suya daldırılarak bant dışında kalan kısımlardaki boyanın giderilmesi sağlanmıştır.

**f) Kantitatif belirleme**

Boya giderildikten sonra elde edilen jeller bir scanner kullanılarak, bantlar isimlendirilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Kazein fraksiyonları ile bunların ilgili fragmentleri, standart olarak kullanılan Na-kazeinat ve McSweeney ve ark., (1994)'te belirtildiği şekilde bantların yeri saptanmıştır.

### 3.2.3.16. Peynir örneklerinde peptid profil analizi

Peynir örneklerinin peptid profilleri RP-HPLC (Dionex Ultimate 3000 LC System Thermo Fisher Scientific Inc., ) aracılığı ile Hayaloğlu ve ark. (2004)'e göre belirlenmiştir. Analizde Inertsil RP-C8 (250 x 4 mm, 5 µm partikül boyutu, 300 Å por genişliği) kolon kullanılmıştır. A çözeltisi: % 0.1 (v/v) triflorasetik asit (TFA; HPLC saflıkta; Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH, Seelze, Almanya) HPLC saflıkta deiyonize su (Elga LabWater's; Purelab Flex 3, UK) içerisinde hazırlanmıştır. B çözeltisi: % 0.1 (v/v) TFA asetonitril (asetonitril; HPLC saflıkta; CHROMASOLV® gradient grade for HPLC, Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH, Seelze, Almanya) içerisinde hazırlanmıştır ve akış hızı 0.75 mL dk<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Peynir ekstraktları (pH 4.6'da çözünen fraksiyonlar) A çözeltisi içerisinde çözdürülmüş (1 mL) ve ardından da 0.45 µm çapına sahip selüloz asetat filtre aracılığı ile (Sartorius GmbH, Gottingen, Almanya) süzülmüştür. Kolona yüklenen örnek miktarı (filtrat) 40 µL olarak belirlenmiştir. Örneklerin kolonda sirkülasyon koşulları şu şekilde gerçekleşmiştir: 5 dakika süre ile %100 A çözeltisi sirkülasyonu, ardından 55 dakika süre ile %0'dan %50'ye kadar B çözeltisi (v/v) sirkülasyonu, %50 B çözeltisinde 5 dakika bekleme, ardından 4 dakika süre ile %50'den %60'a kadar değişen oranlarda B çözeltisi sirkülasyonu ve son olarak 3 dakika süre ile %60 B çözeltisi sirkülasyonu. Ölçümler 214 nm'de gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3.17. Taramalı elektron mikrofotografı (SEM)

Peynirin orta kısmından 1cm<sup>3</sup> büyüklüğünde alınan peynir parçaları cam şişeler içine alınmış ve üzerine 0.1M sodyum fosfat tamponu ile hazırlanmış (pH:7) %3'lük glutaraldehit çözeltisi konularak 1 gece bekletilmiştir. Dört defa tampon çözeltisi ile yıkandıktan sonra %1'lik osmium tetroksit içinde 1 saat post fiksasyona tabi tutulmuş ve daha sonra tampon çözeltisi ile 4 sefer yıkanmış ve dereceli alkol serilerinden (%40-50-60-70-80-90-100) geçirilerek dehidrasyonu yapılmıştır. Kurutulan örnekler, karbon kaplı çift taraflı bant yardımı ile staplar üzerine yapıştırılmış ve Bal-Tec SCD 050 aleti ile altın-palladyum ile kaplandıktan sonra

LEO EVO 40 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir (Hayat, 1981; Şanlı ve ark., 2011; Karaman ve ark., 2012) (İnönü Üniversitesi Bilimsel ve teknolojik Araştırma Merkezi (İBTAM)).

### 3.2.3.18. Duyusal analizler

Peynir örneklerinin duysal değerlendirilmesi için 7 kişilik bir panelist grup oluşturulmuş ve değerlendirilme TSE 591’de belirtilen hususlar esas alınarak 100 tam puan üzerinden yapılmıştır. Ayrıca panelistler peynirleri sıralayarak tercihlerini de belirtmişlerdir (Anon., 1995). Olgunlaşmanın 1, 15, 30, 60 ve 90. Günlerinde duysal değerlendirmeler yapılmış ve panelistlere Çizelge 3.1’de görülen duysal değerlendirme formu sunulmuştur (Metin, 1977). Çizelge 3.1’deki formda, sayısal değerlendirme yapılmış ve “100 Tam Puan Değerlendirme Sistemi”ne göre uygulanan analizlerde, “Renk ve Görünüş” 20 tam puan, “Kitle ve Yapı” 35 tam puan, “Tat” 35 tam puan ve “Koku” 10 tam puan üzerinden değerlendirilmiştir.

### 3.2.3.19. İstatistiksel analizler

Enzim uygulamasının etkisinin belirlenmesinde One Way Anova Modeli, enzim ilave aşaması, enzim oranı ve depolama süresinin peynirlerin bileşimine etkisinin belirlenmesinde “Tesadüf Parselleri Faktöriyel Deneme Planı” (3x3x5x3) uygulanarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir (rakamlar sırasıyla, MTG oranı x MTG katım aşaması x Depolama süresi x Tekerrür). İncelenen özellikler açısından örnekler arasında farklılık olup olmadığını saptamak için varyans analizi yapılarak LSD testine tabi tutulmuştur (Bek ve Efe, 1995).

Çizelge 3.1. Beyaz peynirlerin duyuusal değerlendirme formu

Tarih : ..... / .... / 200..

Panelistin Adı:

özellikler	puan	peynirler							
		A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Görünüş (20 tam puan)</b>									
- Kendine özgü parlak beyaz, homojen ve düzgün prizmatik	20								
görünümlü bozulmamış kalıp	15								
- Mat, soluk beyaz renk	10								
- Bir örnek olmayan renk dağılımı	10								
- Esmerimsi renk	0								
- Anormal renk	15								
- Kesit yüzeyinde birkaç delik ve gözenek	10								
- Homojen olmayan görünüm	10								
- Küflü görünüm	5								
- Fazla sayıda delik ve gözenek	10								
- Yarık ve çatlak oluşumu	10								
- Düzgün olmayan prizmatik görünüm, bozulmuş kalıp	10								
- Parçalanmış kalıp	5								
<b>Kitle ve Yapı (35 tam puan)</b>									
- Düzgün, pürüzsüz, lekesiz, homojen kesit, fazla sert ve yumuşak olmayan	35								
- Lekeli kesit	25								
- Kuru sert yapı	25								
- Kaygan yapı	25								
- Kumlu yapı	20								
- Kesitte yarık ve çatlak oluşumu	10								
- Dağılabilen yapı	10								
- Elastiki yapı	10								
- Yumuşak ve ıslak yapı	10								
- Erimiş yapı	5								
<b>Koku (10 tam puan)</b>									
- Kendine özgü koku	10								
- Mayamsı koku	8								
- Ekşimsi koku	6								
- Küfümsü koku	4								
- Hayvansal koku	2								
- Yem veya ot kokusu	2								
- Yabancı koku	0								
<b>Tat (35 tam puan)</b>									
- Kendine özgü tat	35								
- Maya tadı	25								
- Pişmiş tat	25								
- Ekşi tat	20								
- Tatlımsı tat	20								
- Tuzlu tat	20								
- Yavan tat	20								
- Metalik tat	15								
- Küflü tat	10								
- Amonyak tadı	10								
- Acı tat	5								
- Ransit tat	5								
- Yabancı tat	5								



#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu araştırmada peynir üretiminde kullanılan çiğ sütün ve elde edilen peyniraltı sularının bileşimleri ile enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranının üretilen Beyaz peynirlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerine etkileri 90 günlük olgunlaşma süresi boyunca incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve bu konuda yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

##### 4.1. Çiğ Sütün Bileşimi

Araştırmada kullanılan tam yağlı ve yarım yağlı çiğ sütlerin bileşimi Çizelge 4.1.'de yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Çiğ sütün bileşimi (n=3)

Özellikler	Tam yağlı	Yarım yağlı
pH	6.69±0.02	6.69±0.02
Titrasyon asitliği (%l.a.)	0.13±0.01	0.13±0.01
Kurumadde (%)	12.45±0.80	9.79±0.57
Yağ (%)	3.55±0.12	1.15±0.00
Yağsız kurumadde (%)	9.03±0.88	8.64±0.57
Protein (%)	3.13±0.00	4.02±0.00
Kül (%)	0.67±0.03	0.67±0.02

Çiğ sütün analiz edilen kimyasal niteliklerine göre Çiğ Süt Tebliği'ne uygun olduğu ve peynir üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir. Tam yağlı sütlerin yağ içeriği seperatör aracılığı ile kreması ayrıldıktan sonra %1.15'e standardize edilmiş ve yarım yağlı peynir üretiminde kullanılmıştır.

##### 4.2. Peyniraltı Sularının Bileşimi

Peyniraltı sularının kimyasal özellikleri; enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranlarına bağılı olarak değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.2).

En yüksek pH değerine D örneği, en düşük pH değerine de A örneği sahip olmuştur. Genel olarak enzim uygulanan örneklerin pH değerlerinin kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Bu durumun, MTG enzimi uygulanan örneklerde çapraz bağlanma sonucunda serbest amino asit oranının azalmasıyla ilişkili olabileceği tahmin edilmektedir. Bilindiği gibi serbest amino asitler, peynirdeki toplam asitlik kaynaklarından biridir (Fox ve ark., 2000). Enzim oranındaki artışla birlikte peyniraltı sularının pH değerlerinde saptanan artış da bu görüşü desteklemektedir. Yapılan istatistiksel analizlerde de enzim oranının peyniraltı sularının pH değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Peyniraltı sularının kurumadde değerleri %6.0 ile %6.82 arasında değişmiştir. Enzim uygulaması, enzim ilave aşaması ve oranı peyniraltı sularının kurumadde değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). Kontrol peynirlerine ait peyniraltı sularının kurumadde değerlerinin enzim uygulanan örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, enzim uygulanan peynirlerde su tutma kapasitesinin artmasına (Farnsworth ve ark., 2003) ve dolayısıyla peyniraltı suyuna geçen madde miktarının azalmasına bağlanabilir. Rennet ile birlikte MTG enzimi ilave edilen örneklerin peyniraltı sularının kurumadde oranları, pıhtı kesiminden sonra enzim uygulanan örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, pıhtı kesiminden sonra enzim ilave edilen peynirlerde daha fazla çapraz bağ oluşmasından ve pıhtıda daha fazla su tutulmasından kaynaklanmış olabilir. Peynirlerin kurumadde içerikleri de bu görüşü desteklemektedir. Enzim oranı ile peyniraltı sularının kurumadde miktarları arasında negatif bir korelasyon olduğu görülmüştür.

Tahmin edilebileceği gibi peyniraltı sularının yağ içeriğine, enzim ilave aşaması ve enzim oranının etkisi olmazken ( $p>0.05$ ), enzim uygulaması peyniraltı sularının yağ içeriğini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. ( $p<0.01$ ) Tam yağlı süttten üretilen peynirlerin peyniraltı sularındaki yağ değerinin diğer örneklerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Enzim uygulaması, enzim ilave aşaması ve enzim oranı peyniraltı sularının protein içeriklerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). Enzim uygulanan örneklere ait peyniraltı sularının protein içeriklerinin kontrol örneklerine göre düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, enzim uygulanan peynirlerdeki kazein jeli içerisinde daha

fazla protein tutulmasından kaynaklanmış olabilir. Bönish ve ark. (2008) ile Sayadi ve ark. (2013) da MTG enzimi uygulanan peynirlerde oluşan çapraz bağlar nedeniyle pıhtıda daha fazla kazeinomakropeptidin tutulduğunu bildirmiştir. Rennet ile birlikte MTG enzimi ilave edilen örneklerin peyniraltı sularının protein oranları, pıhtı kesiminden sonra enzim uygulanan örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonucun, pıhtı kesiminden sonra enzim ilave edilen peynirlerde daha fazla çapraz bağ oluşmasından ve pıhtıda daha fazla protein tutulmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Peynirlere ilave edilen enzim oranı arttıkça peyniraltı suyuna geçen protein oranının azaldığı saptanmıştır.

Peyniraltı sularının kül içeriğine peynir çeşidi, enzim ilave aşaması ve enzim oranının etkisi olmamıştır ( $p>0.05$ ).

Çizelge 4.2. Peyniraltı sularının bileşimleri (n=3)

Örnek	pH	Kurumadde(%)	Yağ(%)	Protein(%)	Kül(%)
A	6.16±0.09 <sup>C</sup>	6.59±0.24 <sup>AB</sup>	0 <sup>B</sup>	1.08±0.10 <sup>A</sup>	0.49±0.03 <sup>A</sup>
B	6.26±0.07 <sup>BC2a</sup>	6.74±0.39 <sup>A1a</sup>	0 <sup>B</sup>	1.00±0.07 <sup>AB1a</sup>	0.49±0.05 <sup>A</sup>
C	6.37±0.17 <sup>AB1a</sup>	6.37±0.15 <sup>BC2a</sup>	0 <sup>B</sup>	0.90±0.04 <sup>BC2a</sup>	0.49±0.05 <sup>A</sup>
D	6.47±0.06 <sup>A1a</sup>	6.16±0.14 <sup>CD2a</sup>	0 <sup>B</sup>	0.86±0.17 <sup>BC3a</sup>	0.50±0.07 <sup>A</sup>
E	6.24±0.07 <sup>BC2a</sup>	6.42±0.21 <sup>BC1b</sup>	0 <sup>B</sup>	0.86±0.16 <sup>BC1b</sup>	0.49±0.06 <sup>A</sup>
F	6.36±0.09 <sup>AB1a</sup>	6.15±0.21 <sup>CD2b</sup>	0 <sup>B</sup>	0.80±0.04 <sup>C2b</sup>	0.50±0.07 <sup>A</sup>
G	6.47±0.11 <sup>A1a</sup>	6.00±0.22 <sup>D3b</sup>	0 <sup>B</sup>	0.76±0.11 <sup>C3b</sup>	0.50±0.05 <sup>A</sup>
H	6.17±0.06 <sup>C</sup>	6.82±0.14 <sup>A</sup>	0.15±0.05 <sup>A</sup>	1.06±0.19 <sup>A</sup>	0.50±0.03 <sup>A</sup>

<sup>A,B,C,D,E,F,G,H</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden  $p<0.01$  düzeyinde farklıdır.

<sup>1,2,3,4,5</sup>: Aynı sütunda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden  $p<0.01$  düzeyinde farklıdır.

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden  $p<0.01$  düzeyinde farklıdır.

### 4.3. Beyaz Peynirlerin Randıman Değerleri

Peynirlerin randıman değerleri % 12.97 ile %17.20 arasında değişmiştir (Çizelge 4.3.). Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranı peynirlerin randıman değerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). En yüksek randıman değerine tam yağlı kontrol (H) örneği, en düşük randıman değerine de yağı azaltılmış kontrol örneği (A) sahip olmuştur. Genel olarak yağı azaltılmış peynirlerde randıman değeri tam yağlı peynire kıyasla daha düşük olmaktadır. Bunun nedeni, yağın normal olarak kurumaddenin %50 veya daha fazlasını oluşturmasıdır (Drake ve Swanson, 1995). MTG ilave edilen peynirlerin randıman değerlerinin yarım yağlı

kontrol peynirlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Enzim uygulanan peynirlerde proteinler arasında meydana gelen çapraz bağlar, pıhtı oluşumu sırasında protein zincirlerinin serbest hareketini sınırlamakta ve serum ayrılmasını azaltmaktadır. Buna bağlı olarak enzim uygulanan jellerde ağ yapı içerisinde serum proteinleri hapsedilmekte ve pıhtıdaki kazeinomakropeptid oranı artmaktadır (Sayadi ve ark., 2013). Bönisch ve ark. (2008), Di Piero ve ark. (2010) ile Sayadi ve ark. (2013) da MTG uygulanmış peynirlerde randımanın arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.3. Beyaz peynirlerin randıman değerleri (n=3)

Örnek	Randıman (%)
A	12.97±0.90
B	13.23±0.92
C	13.27±0.93
D	13.93±0.65
E	13.30±1.47
F	13.60±1.82
G	14.07±1.11
H	17.20±3.53

Rennet ile birlikte MTG ilave edilen örneklerin (B, C ve D) randıman değerleri, pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklerden (E, F ve G) düşük olarak bulunmuştur. Bu sonuç, pıhtı kesiminden sonra enzim uygulanan örneklerde daha fazla çapraz bağ oluşmasına ve ağ yapı içerisinde daha fazla su tutulmasına bağlanabilir. Peynirlerin kurumadde içerikleri ve mikrostrüktürleri de bu bulguyu desteklemektedir.

Yine benzer nedenlerden dolayı enzim oranı arttıkça peynirlerin randımanın arttığı tespit edilmiştir.

#### 4.4. Beyaz Peynirlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Beyaz peynir örneklerinde olgunlaşma süresince saptanan fiziksel ve kimyasal özellikler aşağıda yer almaktadır.

#### 4.4.1. pH ve titrasyon asitliği değerleri

Deneme peynirlerinin 90 günlük depolama süresince pH ve titrasyon asitliği değerlerinde görülen değişimleri Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5. ile Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranlarının peynirlerin pH ve titrasyon asitliği değerlerini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). En yüksek pH ve titrasyon asitliği değerlerine sırasıyla H ve G peynirleri, en düşük pH ve titrasyon asitliği değerlerine de yine sırasıyla G ve H peynirinin sahip olduğu saptanmıştır. Genel olarak enzim uygulanan örneklerinin pH değerlerinin kontrol peynirlerinden düşük, titrasyon asitliği değerlerinin ise kontrol peynirlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonucun, enzim uygulanan peynirlerde proteinler arasında oluşan çapraz bağlar nedeniyle daha fazla su tutulması, dolayısıyla pıhtıda daha fazla laktoz kalmasına bağlanabilir. Drake ve Swanson (1995)'a göre yağ içeriği azaltılmış peynirler daha fazla su içerdiğinden, starter kültürde bulunan bakteriler peynir içerisinde büyük sayılara ulaşabilmekte ve aşırı asitlik oluşturabilmektedir. Bilindiği gibi, peynirde asitlik gelişimi, üretim sırasında ilave edilen kültürlerin etkisiyle başlamakta ve olgunlaşma dönemi boyunca devam etmektedir. Peynirde meydana gelen asit, laktozun fermentasyon ürünü olan laktik asit, asetik asit, formik asit, bütirik asit ile lipoliz sonucu oluşan serbest yağ asitleri ve proteolizin bir sonucu olarak ortaya çıkan serbest aminoasitlerden kaynaklanmaktadır (Fox ve ark., 2000).

Rennet ile birlikte MTG ilave edilen örneklerin (B, C ve D) pH değerleri, pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklerden (E, F ve G) yüksek, titrasyon asitliği değerleri ise düşük olarak bulunmuştur. Bu durumun, pıhtı kesiminden sonra ilave edilen MTG enziminin proteinler arasında yeni çapraz bağlar oluşturmasından ve pıhtıda daha fazla serum tutulmasından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. MTG uygulanan peynirlerde proteinler arasında oluşan yeni bağlar pıhtıda daha fazla serum tutulmasına neden olmaktadır (Sayadi ve ark., 2013).

Süte rennet ilave edildiği zaman, enzimatik fazın başlangıcında  $\kappa$ -kazeinin hidrofilik kazeinomakropeptid kısmı ayrılmaktadır. Enzimatik olmayan ikinci aşamada kazein miselleri yüzeyindeki koruyucu bariyer ortadan kalkmakta ve

hidrofobik interaksionlar artmaktadır. Bu hidrofobik etkileşimler para- $\kappa$ -kazeinin üç boyutlu bir ağ şeklinde pıhtılaşmasını sağlamaktadır. Bunun hemen ardından oluşan protein-protein bağları güçlü bir ağ yapı meydana getirmekte ve jelin daha sıkı olmasına neden olmaktadır (Lucey ve ark., 2003; Sayadi ve ark., 2013).



Çizelge 4.4. Beyaz peynirlerin pH değerleri (n=3)

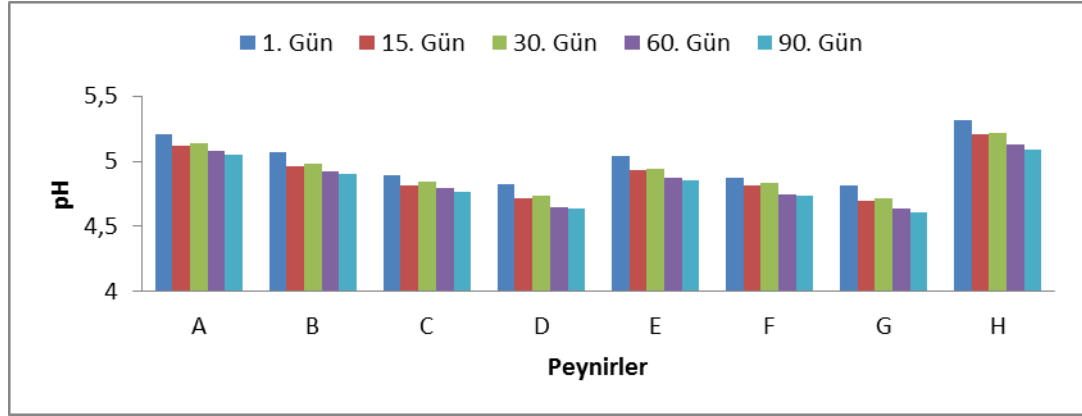
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	5.21±0.025 <sup>B1</sup>	5.12±0.02 <sup>B3</sup>	5.14±0.01 <sup>B2</sup>	5.08±0.02 <sup>B4</sup>	5.05±0.02 <sup>B5</sup>
B	5.07±0.02 <sup>C1aα</sup>	4.96±0.04 <sup>C3aα</sup>	4.98±0.03 <sup>C2aα</sup>	4.92±0.03 <sup>C4aα</sup>	4.90±0.02 <sup>C5aα</sup>
C	4.89±0.02 <sup>E1aβ</sup>	4.81±0.02 <sup>E3aβ</sup>	4.84±0.02 <sup>E2aβ</sup>	4.79±0.01 <sup>E4aβ</sup>	4.76±0.00 <sup>E5aβ</sup>
D	4.82±0.02 <sup>G1aγ</sup>	4.72±0.02 <sup>F3aγ</sup>	4.74±0.00 <sup>G2aγ</sup>	4.65±0.02 <sup>G4aγ</sup>	4.64±0.01 <sup>G5aγ</sup>
E	5.04±0.02 <sup>D1aα</sup>	4.93±0.02 <sup>D3bα</sup>	4.94±0.02 <sup>D2bα</sup>	4.87±0.02 <sup>D4bα</sup>	4.85±0.01 <sup>D5bα</sup>
F	4.87±0.00 <sup>F1bβ</sup>	4.81±0.00 <sup>E3aβ</sup>	4.83±0.01 <sup>F2bβ</sup>	4.75±0.01 <sup>F4bβ</sup>	4.74±0.01 <sup>F5bβ</sup>
G	4.81±0.01 <sup>H1bγ</sup>	4.70±0.01 <sup>G3bγ</sup>	4.72±0.01 <sup>H2bγ</sup>	4.64±0.02 <sup>H4bγ</sup>	4.61±0.01 <sup>H5bγ</sup>
H	5.32±0.01 <sup>A1</sup>	5.21±0.02 <sup>A3</sup>	5.22±0.02 <sup>A2</sup>	5.13±0.02 <sup>A4</sup>	5.09±0.01 <sup>A5</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H<sup>1,2,3,4,5</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.1. Beyaz peynirlerde odepolama süresince saptanan pH değerleri

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pihtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pihtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pihtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği.

Depolama süresi boyunca örneklerin pH değerlerinin önce azaldığı (15.gün), 30. günde çok hafif bir artış gösterdiği ve daha sonra sürekli azaldığı, asitlik değerlerinin ise sürekli olarak arttığı belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca örneklerdeki laktozun metabolizması sonucu oluşan laktik asitin ve peynirlerde meydana gelen proteoliz sonucunda oluşan serbest amino asitlerin etkisi ile titrasyon asitliğinin arttığı ve pH değerlerinin de azaldığı düşünülmektedir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p < 0.01$ ). Şener (2012), MTG uygulanmış peynirlerde 90 günlük depolama süresince pH değerlerinin 30. güne kadar arttığını, daha sonra azaldığını, titrasyon asitliği değerlerinin ise sürekli arttığını bildirmiştir. Özer ve ark. (2013) MTG uygulanmış peynirlerde pH değerinin depolama süresince artış gösterdiğini belirlemiştir.



Çizelge 4.5. Beyaz peynirlerin titrasyon asitliği değerleri (%l.a.) (n=3)

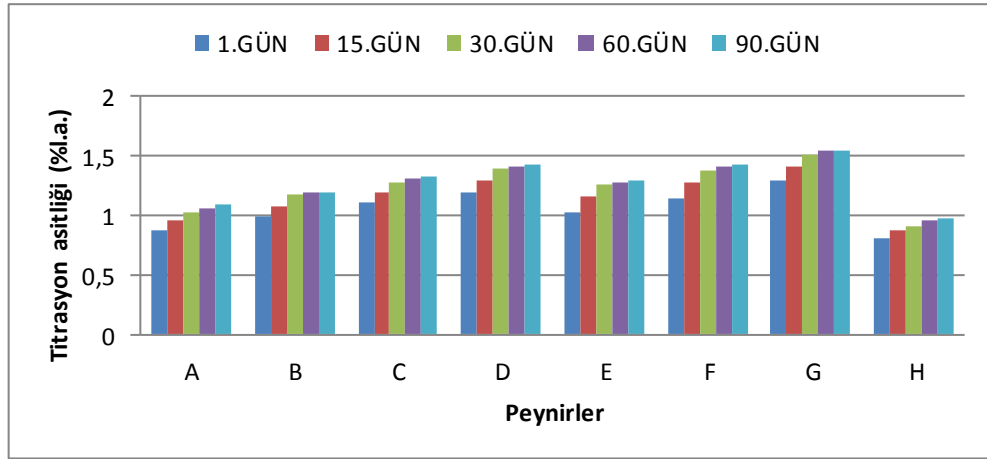
ÖRNEK	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	0.88±0.008 <sup>D5</sup>	0.95±0.00 <sup>E4</sup>	1.03±0.01 <sup>E3</sup>	1.06±0.01 <sup>E2</sup>	1.09±0.01 <sup>E1</sup>
B	0.99±0.02 <sup>C4b<math>\gamma</math></sup>	1.08±0.02 <sup>D3b<math>\gamma</math></sup>	1.17±0.02 <sup>D2b<math>\gamma</math></sup>	1.19±0.02 <sup>D1b<math>\gamma</math></sup>	1.19±0.02 <sup>D1b<math>\gamma</math></sup>
C	1.11±0.02 <sup>B5b<math>\beta</math></sup>	1.20±0.01 <sup>C4b<math>\beta</math></sup>	1.28±0.01 <sup>C3b<math>\beta</math></sup>	1.31±0.00 <sup>C2b<math>\beta</math></sup>	1.32±0.00 <sup>C1b<math>\beta</math></sup>
D	1.19±0.02 <sup>B5b<math>\alpha</math></sup>	1.30±0.01 <sup>B4b<math>\alpha</math></sup>	1.39±0.00 <sup>B3b<math>\alpha</math></sup>	1.41±0.00 <sup>B2b<math>\alpha</math></sup>	1.42±0.00 <sup>B1b<math>\alpha</math></sup>
E	1.03±0.01 <sup>C5a<math>\gamma</math></sup>	1.16±0.01 <sup>C4a<math>\gamma</math></sup>	1.26±0.02 <sup>C2a<math>\gamma</math></sup>	1.22±0.01 <sup>C3a<math>\gamma</math></sup>	1.29±0.01 <sup>C1a<math>\gamma</math></sup>
F	1.15±0.02 <sup>C5a<math>\beta</math></sup>	1.27±0.01 <sup>B4a<math>\beta</math></sup>	1.38±0.02 <sup>B3a<math>\beta</math></sup>	1.41±0.01 <sup>B2a<math>\beta</math></sup>	1.43±0.00 <sup>B1a<math>\beta</math></sup>
G	1.30±0.01 <sup>A5a<math>\alpha</math></sup>	1.41±0.02 <sup>A4a<math>\alpha</math></sup>	1.51±0.02 <sup>A3a<math>\alpha</math></sup>	1.54±0.01 <sup>A2a<math>\alpha</math></sup>	1.55±0.00 <sup>A1a<math>\alpha</math></sup>
H	0.81±0.01 <sup>D5</sup>	0.87±0.00 <sup>E4</sup>	0.91±0.00 <sup>F3</sup>	0.95±0.00 <sup>F2</sup>	0.97±0.00 <sup>F1</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H<sup>1,2,3,4,5</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

$\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ : Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.2. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan titrasyon asitliği değerleri

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

#### 4.4.2. Beyaz peynirlerin kurumadde oranları

Peynirlerinin kurumadde değerlerinde 90 günlük depolama süresince görülen değişimleri Çizelge 4.6. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir.

Enzim uygulaması, peynirlerin kurumadde değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0.001$ ). En yüksek kurumadde değerine H (% 40.72) peynirinin, en düşük kurumadde değerine de G (% 32.28) peynirinin sahip olduğu saptanmıştır. Enzim uygulanan peynirlerin kurumadde değerlerinin kontrol peynirlerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Enzim uygulanan peynirlerde oluşan yeni çapraz bağların serumun pıhtı içinde tutulmasına neden olduğu bildirilmektedir (Di Pierro ve ark., 2010; Sayadi ve ark., 2013). Bu nedenle kontrol peynirlerinin kurumadde değerlerinin MTG uygulanan peynirlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.6. Beyaz peynirlerin kurumadde oranları (%) (n=3)

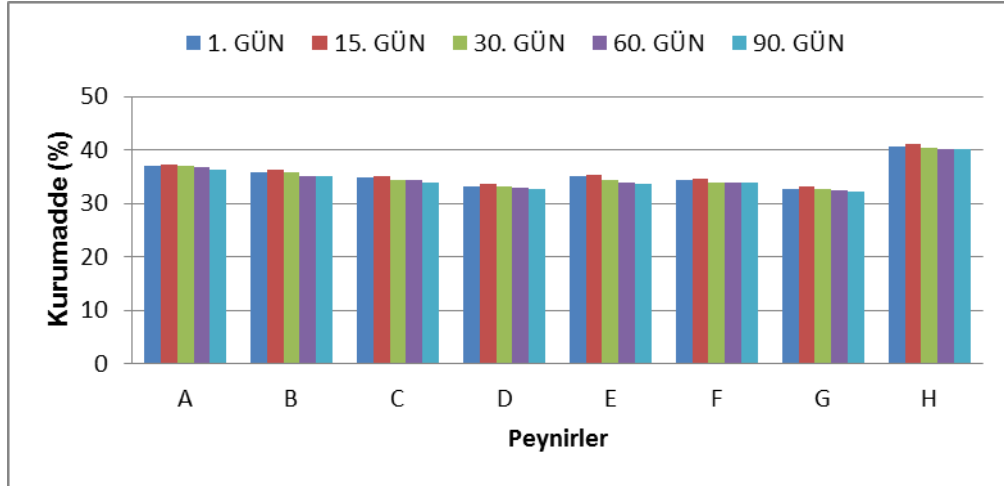
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
<b>A</b>	36.93±0.499 <sup>B1</sup>	37.28±0.53 <sup>B1</sup>	36.98±0.29 <sup>B1</sup>	36.79±0.19 <sup>B2</sup>	36.33±0.45 <sup>B3</sup>
<b>B</b>	35.86±0.48 <sup>C2aα</sup>	36.36±0.41 <sup>C1aα</sup>	35.82±0.48 <sup>C2aα</sup>	35.23±0.23 <sup>C3aα</sup>	35.13±0.32 <sup>C3aα</sup>
<b>C</b>	34.79±0.88 <sup>D1aβ</sup>	35.15±0.84 <sup>D1aβ</sup>	34.46±1.15 <sup>C2aβ</sup>	34.36±0.64 <sup>D2aβ</sup>	33.82±1.11 <sup>D3aβ</sup>
<b>D</b>	33.28±0.34 <sup>F1aγ</sup>	33.60±0.34 <sup>F1aγ</sup>	33.12±0.34 <sup>D2bγ</sup>	32.87±0.34 <sup>E2aγ</sup>	32.80±0.36 <sup>E2aγ</sup>
<b>E</b>	35.00±0.67 <sup>D1bα</sup>	35.27±0.67 <sup>D1bα</sup>	34.48±0.52 <sup>C2bα</sup>	33.84±0.28 <sup>D3bα</sup>	33.71±0.33 <sup>D3bα</sup>
<b>F</b>	34.36±0.13 <sup>E1bβ</sup>	34.58±0.17 <sup>E1bβ</sup>	34.01±0.04 <sup>C2bβ</sup>	33.92±0.05 <sup>D2bα</sup>	33.87±0.06 <sup>D2aα</sup>
<b>G</b>	32.80±0.07 <sup>F2bγ</sup>	33.30±0.17 <sup>F1aγ</sup>	32.72±0.07 <sup>D2aγ</sup>	32.49±0.10 <sup>E2bβ</sup>	32.28±0.06 <sup>E3bβ</sup>
<b>H</b>	40.72±0.47 <sup>A2</sup>	41.19±0.34 <sup>A1</sup>	40.54±0.30 <sup>A2</sup>	40.30±0.30 <sup>A2</sup>	40.11±0.35 <sup>A3</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.3. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kurumadde oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulama aşamasının peynirlerin kurumadde değerlerini önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiştir ( $p < 0.001$ ). Rennet ile birlikte MTG ilave edilen örneklerin (B, C ve D) kurumadde değerleri pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklere (E, F ve G) göre biraz daha yüksek bulunmuştur. Cozzolino ve ark. (2003)  $\kappa$ -kazeindeki çapraz bağların oluşmaya başlaması için yüzeydeki  $\kappa$ -kazeinin %88'inin hidrolize olması gerektiğini bildirmiştir. Bu durumda pıhtı kesiminden sonra hidrolize  $\kappa$ -kazeinin miktarının daha yüksek olması, aynı zamanda serum proteinlerinin de açığa çıkması nedeniyle MTG'in daha fazla çapraz bağ oluşturduğu düşünülebilir. Bunun sonucu olarak da pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklerin daha fazla su bağladığı ve kurumadde değerlerinin daha düşük olduğu tahmin edilmektedir. De Sá ve Bordignon-Luiz (2010)'ın yaptıkları bir araştırmada rennet ilavesinden sonra MTG'nin süt jeline uygulanmasının sinerezisi azalttığını ve jel sıklığının arttığını bulmuşlardır.

Enzim oranı arttıkça peynirlerin kurumadde oranlarının azaldığı görülmüştür ( $p < 0.001$ ). Bu durum, artan enzim oranıyla birlikte proteinler arasındaki çapraz bağların artması sonucunda pıhtıda daha fazla su tutulmasından kaynaklanabilir. Cozzolino ve ark. (2003), enzim oranı arttıkça peynir veriminin arttığını ve peyniraltı suyu miktarının azaldığını bildirmişler.

Depolama süresi boyunca örneklerin kurumadde değerlerinde ilk 15. gün hafif bir artış, ardından da depolama süresinin sonuna kadar da hafif bir azalma gözlenmiştir. Bu durum depolamanın ilk evresinde tuz geçişine bağlı bir kurumadde artışı, ardından da depolama sürecinde proteolize bağlı olarak toplam azot miktarında meydana gelen azalma ile ilişki olduğu düşünülmektedir. MTG'nin protein matriksinin su bağlama derecesini artırmasına bağlı olarak sinerezin zayıfladığı ve toplam kurumaddenin düştüğü belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin kurumadde değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p<0.01$ ). Kurumadde değerlerindeki azalma, peptit bağlarının parçalanarak yeni iyonik grupların açığa çıkmasından (Creamer ve Olson, 1982; Gürsoy ve ark., 2001) ve düşük sıcaklık derecelerinde depolamada peynirlerin su bağlama yeteneklerinin artması nedeniyle nem içeriğinin yükselmesinden ileri gelmektedir (Gürsoy ve ark., 2001).

#### 4.4.3. Beyaz peynirlerin yağ ve kurumaddede yağ oranları

Peynirlerde su içeriğine bağlı olarak yağ oranındaki dalgalanmaları ortadan kaldırmak ve daha sabit bir değer elde etmek amacıyla genellikle yağın kurumadde içindeki durumu dikkate alınarak değerlendirme yapılmaktadır. Peynirlerinin yağ ve kurumaddede yağ değerlerinde 90 günlük depolama süresince görülen değişimleri Çizelge 4.7 ve 4.8 ile Şekil 4.4 ve 4.5'de verilmiştir. Peynirlerin yağ içerikleri % 6.98 ile % 19.33 arasında, kurumaddede yağ içerikleri de % 20.86 ile % 47.48 arasında değişmiştir.

Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranları peynirlerin yağ ve kurumaddede yağ değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). Enzim uygulanan peynirlerin yağ ve kurumaddede yağ değerlerinin, peynirlerin kurumadde içeriğine bağlı olarak kontrol peynirlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Rennetle birlikte MTG uygulanan peynirlerin yağ içerikleri pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen peynirlerden daha düşük olurken, kurumaddede yağ değerlerinde düzenli olmayan değişimler görülmüştür. Enzim oranı arttıkça kitlede tutulan su

miktarı arttığı için peynirlerin yağ ve kurumaddeye yağ içeriklerinin azaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.7. Beyaz peynirlerin yağ oranları (%) (n=3)

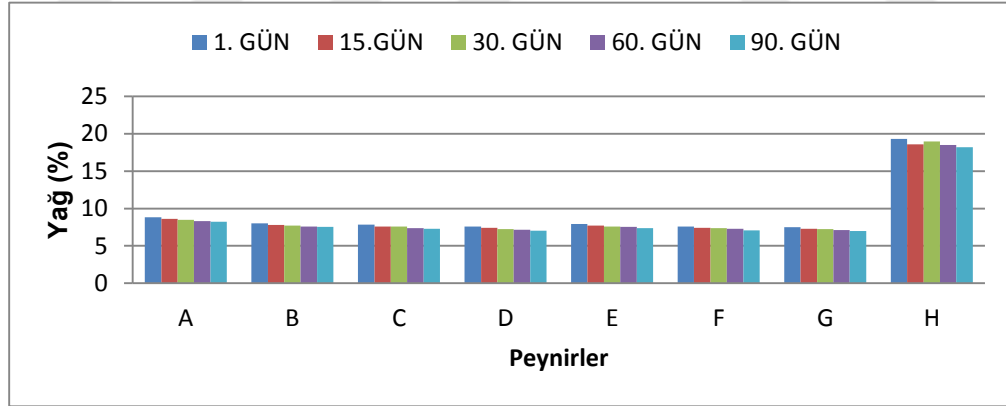
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	8.83±0.236 <sup>B1</sup>	8.60±0.22 <sup>B2</sup>	8.47±0.26 <sup>B2</sup>	8.33±0.24 <sup>B3</sup>	8.23±0.17 <sup>B3</sup>
B	8.00±0.20 <sup>C1aα</sup>	7.80±0.22 <sup>C2aα</sup>	7.73±0.17 <sup>C2aα</sup>	7.58±0.24 <sup>C3aα</sup>	7.53±0.21 <sup>C3aα</sup>
C	7.83±0.12 <sup>D1aβ</sup>	7.58±0.12 <sup>C2aβ</sup>	7.58±0.12 <sup>C2aβ</sup>	7.35±0.11 <sup>D3aβ</sup>	7.28±0.08 <sup>D3aβ</sup>
D	7.58±0.12 <sup>D1aγ</sup>	7.40±0.08 <sup>D2aγ</sup>	7.23±0.09 <sup>D2aγ</sup>	7.17±0.12 <sup>C3aγ</sup>	7.03±0.09 <sup>E3aγ</sup>
E	7.92±0.12 <sup>C1aα</sup>	7.73±0.12 <sup>C2aα</sup>	7.60±0.14 <sup>C2bα</sup>	7.52±0.18 <sup>C3aα</sup>	7.37±0.10 <sup>C3bα</sup>
F	7.58±0.12 <sup>D1bβ</sup>	7.43±0.12 <sup>D1bβ</sup>	7.35±0.11 <sup>D2bβ</sup>	7.27±0.02 <sup>C2aβ</sup>	7.07±0.05 <sup>D3bβ</sup>
G	7.50±0.20 <sup>D1aβ</sup>	7.27±0.21 <sup>D2bγ</sup>	7.23±0.25 <sup>D2aβ</sup>	7.12±0.26 <sup>D2aγ</sup>	6.98±0.18 <sup>E3aβ</sup>
H	19.33±0.31 <sup>A1</sup>	18.58±0.12 <sup>A3</sup>	18.97±0.45 <sup>A2</sup>	18.48±0.37 <sup>A3</sup>	18.20±0.22 <sup>A4</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

<sup>1,2,3,4,5</sup>.: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

<sup>a,b</sup>.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

<sup>α,β,γ</sup>.: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.4. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan yağ oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Çizelge 4.8. Beyaz peynirlerin kurumaddede yağ oranları (%) (n=3)

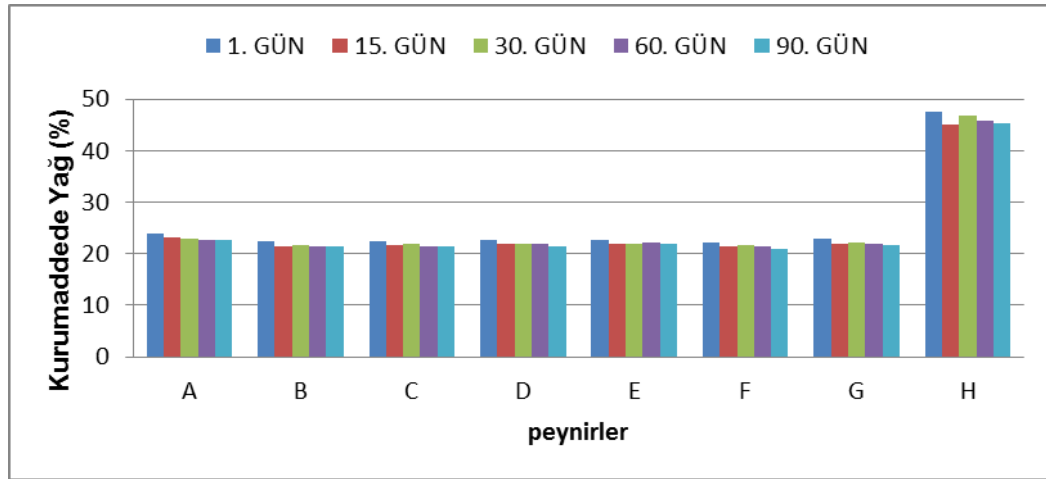
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	23.92±0.792 <sup>B1</sup>	23.08±0.74 <sup>B2</sup>	22.90±0.76 <sup>B2</sup>	22.65±0.57 <sup>B2</sup>	22.67±0.68 <sup>B2</sup>
B	22.31±0.56 <sup>C1aβ</sup>	21.46±0.67 <sup>C2bβ</sup>	21.59±0.59 <sup>C2bβ</sup>	21.53±0.71 <sup>C2bα</sup>	21.45±0.61 <sup>C2bα</sup>
C	22.52±0.37 <sup>C1aα</sup>	21.58±0.29 <sup>C2aβ</sup>	22.02±0.54 <sup>C2aα</sup>	21.39±0.13 <sup>C3aβ</sup>	21.55±0.51 <sup>C2aα</sup>
D	22.79±0.57 <sup>C1aα</sup>	22.03±0.47 <sup>C2aα</sup>	21.84±0.48 <sup>C2aα</sup>	21.81±0.51 <sup>C2aα</sup>	21.45±0.46 <sup>C3aα</sup>
E	22.62±0.22 <sup>C1aα</sup>	21.93±0.35 <sup>C2aα</sup>	22.05±0.38 <sup>C2aα</sup>	22.21±0.39 <sup>B1aα</sup>	21.85±0.15 <sup>C2aα</sup>
F	22.07±0.26 <sup>D1bβ</sup>	21.50±0.32 <sup>C2aβ</sup>	21.61±0.30 <sup>C2bβ</sup>	21.43±0.04 <sup>C2aβ</sup>	20.86±0.13 <sup>D3bβ</sup>
G	22.86±0.67 <sup>C1aα</sup>	21.82±0.62 <sup>C2aα</sup>	22.11±0.80 <sup>C2aα</sup>	21.91±0.82 <sup>C2aα</sup>	21.64±0.61 <sup>C2aα</sup>
H	47.48±0.38 <sup>A1</sup>	45.12±0.18 <sup>A4</sup>	46.78±0.86 <sup>A2</sup>	45.87±0.70 <sup>A3</sup>	45.37±0.16 <sup>A4</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.5. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kurumaddede yağ oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Yağı azaltılmış kontrol peyniri ile karşılaştırıldığında enzim uygulanan peynirlerin yağ ve kurumaddede yağ içeriklerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Bu durumun enzim uygulanan peynirlerin kurumadde içerikleri ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. MTG ile işlem görmüş peynirler daha düşük kurumadde içeriğine sahip olduğundan, yağ içerikleri de oransal olarak düşük bulunmuştur. Yağ globülleri protein matriksindeki boşlukları kısmen doldurmakta (Ciron ve ark., 2010; Le ve ark., 2011) ve ürüne daha sert bir yapı kazandırmaktadır (Xu ve ark., 2008).

Başlangıçta, süte rennet ilave edildiğinde ve kazein miselleri stabilitesini yitirdiğinde, proteinler hidrofobik etkileşimler ve iyonik çevredeki değişimlerin kombine etkisi altında birleşirler. Proteinlerin birleşmesi, jel ağının daralmasına ve pıhtıdan peynir suyunun ayrılmasına neden olur. Süt yağı bu işlemde önemli bir rol oynar. Bunun nedeni süt yağı globüllerini çevreleyen membranın, çevredeki protein matriksine hidrofilik bir yüzey sağlaması ve proteinlerin tamamen birleşmesini önleyen, etkileşime girmeyen bir dolgu maddesi olarak görev yapmasıdır. Bu durum, pıhtı matriksi içerisinde yağ globülleriyle birlikte dağılım gösteren serum havuzlarının oluşumuna neden olur. Peynirin yağ içeriği azaltılırsa, bu serum havuzlarının sayısı azalır ve peynirin su/protein oranı düşer. Ancak MTG enzimi



oluşturduğu çapraz bağlarla pıhtıda daha fazla su tutulmasına neden olduğundan örneklerdeki yağ ve kurumaddede yağ içeriğinin kontrol peynirlerine göre düşük olduğu tahmin edilmektedir.

Rennet ile MTG ilave edilen örneklerin (B, C ve D) yağ ve kurumaddede yağ değerleri pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklerden (E, F ve G) biraz daha yüksek bulunmuştur. Yağı azaltılmış peynirlerde kazeinin parçalanması yetersiz olmaktadır. MTG'in etki etmesi için  $\kappa$ -kazeinin %88'inin hidrolize olması gerektiğinden (Cozzolino ve ark., 2003) rennetle birlikte enzim uygulanan peynirlerdeki çapraz bağ sayısının daha az olabileceği ve bu nedenle yapısında daha düşük oranda su tutulduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak rennetle birlikte MTG uygulanan peynirlerin yağ ve kurumaddede yağ içerikleri, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerden düşük bulunmuştur. De Sá ve Bordignon-Luiz (2010) de rennet ilavesinden sonra MTG'in süt jeline uygulanmasının sinerezisi azalttığını bildirmektedir.

Enzim oranının artmasıyla beraber peynir örneklerinde tutulan yağ miktarının düştüğü, buna karşılık kurumaddede yağ miktarının çok az düştüğü belirlenmiştir. Bu sonuç, artan enzim oranıyla birlikte peynirlerin kurumaddesindeki azalmaya bağlanabilir.

Depolama süresi boyunca örneklerin yağ ve kurumaddede yağ değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin yağ ve kurumaddede yağ değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p < 0.01$ ). Şener (2012), MTG uygulanmış peynirlerde 90 günlük depolama süresince kurumaddede yağ değerlerinin ilk 30 gün azaldığını, daha sonra arttığını bildirmiştir. Demiryol (1983) ve Akbulut ve ark. (1996), Beyaz peynirlerde kurumaddede yağ oranlarının depolama süresince azaldığını tespit etmişlerdir.

#### 4.4.4. Beyaz peynirlerin yağsız kurumadde oranları

Peynirlerin yağsız kurumadde değerleri %21.38 ile %28.68 arasında değişmiştir (Çizelge 4.9. ve Şekil 4.6.). En yüksek yağsız kurumadde değerlerine

yağı azaltılmış kontrol örneğinin (A) ve en düşük yağsız kurumadde değerlerine de yağlı kontrol rneği (H) rneğinin sahip olduğu saptanmıştır.

Enzim uygulamasının peynirlerin yağsız kurumadde değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Enzim uygulanan peynirlerin yağsız kurumadde içeriğinin yağı azaltılmış kontrol peynirinden düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun peynirlerin toplam kurumadde içerikleri ile ilişkili olduğu dşnlmektedir. MTG uygulanan peynirlerde kurumaddenin düşük olmasına bağlı olarak yağsız kurumadde içerikleri de düşük çıkmıştır.

Enzim uygulama aşaması peynirlerin yağsız kurumadde değerlerinde çok az farklılık oluşturmasına rağmen, bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Bu durumun da peynirlerin toplam kurumadde miktarı ile ilişkili olabileceği tahmin edilmektedir. Pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerin toplam kurumadde içerikleri, rennetle birlikte MTG uygulanan peynirlerden düşük olmuştur. Cozzolino ve ark (2003), rennet katımından 30 dakika sonra MTG'nin ilave edilmesi durumunda peynir suyu ile atılan serum proteini oranında ciddi bir azalma meydana geldiğini saptamıştır.

Çizelge 4.9. Beyaz peynirlerin yağsız kurumadde oranları (%) (n=3)

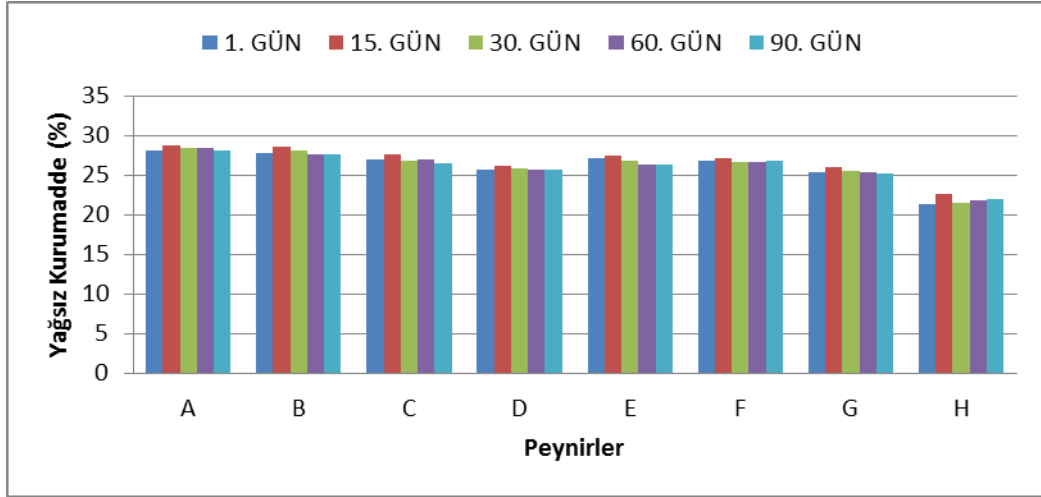
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
<b>A</b>	28.10±0.606 <sup>A2</sup>	28.68±0.63 <sup>A1</sup>	28.51±0.42 <sup>A1</sup>	28.45±0.17 <sup>A1</sup>	28.09±0.56 <sup>A2</sup>
<b>B</b>	27.86±0.46 <sup>A2aα</sup>	28.56±0.49 <sup>A1aα</sup>	28.09±0.53 <sup>A2aα</sup>	27.65±0.36 <sup>B3aα</sup>	27.59±0.37 <sup>A3aα</sup>
<b>C</b>	26.96±0.79 <sup>B2aβ</sup>	27.57±0.74 <sup>B1aβ</sup>	26.88±1.06 <sup>B2aβ</sup>	27.01±0.54 <sup>C2aβ</sup>	26.54±1.04 <sup>B3aβ</sup>
<b>D</b>	25.70±0.44 <sup>C2aγ</sup>	26.20±0.42 <sup>C1aγ</sup>	25.89±0.42 <sup>C1aγ</sup>	25.70±0.41 <sup>E2aγ</sup>	25.76±0.42 <sup>C2aγ</sup>
<b>E</b>	27.09±0.57 <sup>B2bα</sup>	27.53±0.60 <sup>B1bα</sup>	26.88±0.47 <sup>B2bα</sup>	26.32±0.15 <sup>D3bα</sup>	26.34±0.24 <sup>B3bβ</sup>
<b>F</b>	26.78±0.04 <sup>B1aα</sup>	27.15±0.16 <sup>B1bα</sup>	26.66±0.09 <sup>B2bα</sup>	26.65±0.03 <sup>C2bα</sup>	26.81±0.06 <sup>B1aα</sup>
<b>G</b>	25.30±0.27 <sup>C2bβ</sup>	26.03±0.26 <sup>C1aβ</sup>	25.48±0.31 <sup>C2bβ</sup>	25.37±0.30 <sup>E2aβ</sup>	25.29±0.24 <sup>C2bγ</sup>
<b>H</b>	21.38±0.24 <sup>D3</sup>	22.60±0.24 <sup>D1</sup>	21.58±0.28 <sup>D2</sup>	21.81±0.25 <sup>F2</sup>	21.91±0.15 <sup>D2</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.6. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan yağsız kurumadde oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

MTG uygulanan peynirlerde pıhtıda tutulan serum proteinlerinde artış olmasına rağmen, serum proteinlerinin yüksek oranda su tutma kapasitesine sahip olmaları (Masotti ve ark., 2016) nedeniyle MTG uygulanan peynirlerin kurumadde içeriklerinin diğer peynirlerden düşük olduğu düşünülmektedir. Sayadi ve ark. (2013) serum proteini ilave edilen sütlerle MTG uygulayarak ürettikleri peynirlerde pıhtıda daha fazla su tutulduğunu ve peynirlerin daha yumuşak olduğunu bildirmişlerdir.

Enzim oranı ile peynirlerin yağsız kurumadde içerikleri arasında negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). MTG oranı arttıkça, örneklerin yağsız kurumadde değerleri azalmıştır. Bu sonucun da yine peynirlerin toplam kurumadde içerikleriyle bağlantılı olduğu tahmin edilmektedir.

Depolama süresi boyunca örneklerin yağsız kurumadde değerlerinde düzenli olmayan değişimler görülmüştür. Depolama süresi boyunca yağsız kurumadde meydana gelen artma ve azalmaların tuz geçişiyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin yağsız kurumadde değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p < 0.01$ ).

#### 4.4.5. Beyaz peynirlerin tuz ve kurumaddede tuz oranları

Peynirde tuz geçişi üzerine çok sayıda parametre etki etmektedir (Guinee ve Fox, 1987). Salamura tuz konsantrasyonu, salamura sıcaklığı, peynir kalıbı büyüklüğü, peynir asiditesi vb. parametreler sabit olup değişken parametreler olan MTG enzimi uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranına göre tuz penetrasyonu değerlendirilmiştir.

Tuz, peynirlerin sıvı fazında eriyen bir madde olmasından dolayı, peynirlerin rutubet oranından, başka bir ifadeyle kurumadde içeriğinden oldukça etkilenmektedir. Ayrıca kurumadde içeriklerindeki farklılıklar peynirlerde tuz geçişi üzerine fazlaca etkili olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, olgunlaşma sürecinde peynirlerin tuz içeriklerindeki değişimin tüm kitle yerine kurumadde baz alınarak yapılması daha sağlıklı sonuç vermektedir. Peynirlerinin 90 günlük depolama süresince tuz ve kurumaddede tuz değerlerinde görülen değişimleri Çizelge 4.10. ve 4.11. ve Şekil 4.7. ve 4.8.'de verilmiştir.

Enzim uygulamasının peynirlerin tuz ve kurumaddede tuz değerlerini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir ( $p<0.001$ ). En düşük tuz ve kurumaddede tuz değerine H örneği sahip olmuştur. Bu durumun peynirdeki yağ globülleri ve kazein partiküllerinin tuzun geçişini ve dağılımını engellemesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle tuzun penetrasyonu yavaşlamaktadır. MTG uygulanan peynirlerin tuz ve kurumaddede tuz içeriklerinin yağı azaltılmış kontrol örneğinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Peynirler aynı bileşimdeki salamurada olgunlaştırılmasına/ depolanmasına rağmen MTG uygulanan peynirlerin daha düşük kurumaddeye sahip olmasından dolayı tuz ve kurumaddede tuz içeriklerinin kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Enzim uygulama aşaması peynirlerin tuz ve kurumaddede tuz değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). Rennet ile MTG ilave edilen örneklerin (B, C ve D) tuz ve kurumaddede tuz değerlerinin, pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklerden (E, F ve G) daha düşük olduğu bulunmuştur. E, F ve G örneklerinin tuz oranının daha yüksek bulunması, pıhtı kesiminden sonra ilave edilen MTG enziminin proteinler arasında yeni çapraz bağlar oluşturmasından ve pıhtıda daha fazla serum

tutulmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Aynı orandaki tuz, daha düşük kurumaddeye sahip peynirde oransal olarak daha yüksek değerlere ulaşmaktadır.

Enzim oranlarının tuz değerlerine ve kurumaddede tuz değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur ( $p<0.01$ ). Enzim oranı arttıkça peynirlerin tuz değerlerinde düzenli olmayan değişimler meydana gelirken, kurumaddede tuz içerikleri düşük oranlarda artış göstermiştir. Bu sonuç da, enzim oranındaki artışla birlikte peynirlerin kurumadde miktarlarının azalmasıyla ve tuz miktarının da oransal olarak artmasıyla ilişkilendirilebilir.

Beyaz peynirlerin tuz ve kurumaddede tuz oranları depolama boyunca artış göstermiştir ( $p<0.01$ ). İlk 30 gün tuz geçişinin hızlı olduğu, 60. günden itibaren de yavaşladığı görülmüştür. Şener (2012), salamuradan tuz geçişinin olgunlaşmanın ilk 30 günü içerisinde büyük ölçüde tamamlandığını, depolamanın 30. gününden itibaren tuz penetrasyonunun sınırlı bir artış eğilimi gösterdiğini bildirmiştir. Özer ve ark. (2013), MTG uygulanmış peynirlerde tuz değerinin depolama süresince artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Çizelge 4.10. Beyaz peynirlerin tuz oranları (%) (n=3)

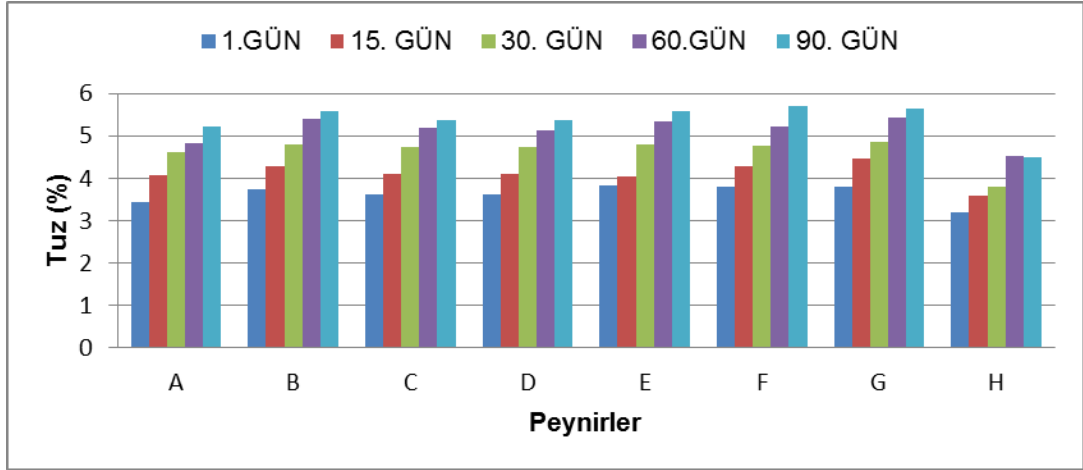
ÖRNEK	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
<b>A</b>	3.44±0.267 <sup>B5</sup>	4.08±0.23 <sup>B4</sup>	4.61±0.23 <sup>B3</sup>	4.84±0.12 <sup>C2</sup>	5.22±0.10 <sup>B1</sup>
<b>B</b>	3.75±0.19 <sup>A5αα</sup>	4.29±0.06 <sup>A4αα</sup>	4.80±0.14 <sup>A3αα</sup>	5.39±0.26 <sup>A2αα</sup>	5.59±0.06 <sup>A1αα</sup>
<b>C</b>	3.62±0.04 <sup>B5bβ</sup>	4.09±0.09 <sup>B4bβ</sup>	4.73±0.11 <sup>A3αα</sup>	5.18±0.13 <sup>B2aβ</sup>	5.36±0.16 <sup>B1bβ</sup>
<b>D</b>	3.63±0.11 <sup>B5bα</sup>	4.11±0.16 <sup>B4bβ</sup>	4.73±0.28 <sup>A3bα</sup>	5.14±0.23 <sup>B2bβ</sup>	5.37±0.16 <sup>B1bβ</sup>
<b>E</b>	3.84±0.16 <sup>A5αα</sup>	4.04±0.39 <sup>B4br</sup>	4.79±0.16 <sup>A3αα</sup>	5.34±0.07 <sup>A2αα</sup>	5.58±0.05 <sup>A1aβ</sup>
<b>F</b>	3.80±0.01 <sup>A5αα</sup>	4.29±0.06 <sup>A4aβ</sup>	4.77±0.16 <sup>A3αα</sup>	5.23±0.12 <sup>A2aβ</sup>	5.71±0.12 <sup>A1αα</sup>
<b>G</b>	3.81±0.09 <sup>A5αα</sup>	4.46±0.09 <sup>A4αα</sup>	4.85±0.16 <sup>A3αα</sup>	5.42±0.03 <sup>A2αα</sup>	5.63±0.07 <sup>A1αα</sup>
<b>H</b>	3.19±0.30 <sup>C4</sup>	3.58±0.22 <sup>C3</sup>	3.81±0.22 <sup>C2</sup>	4.52±0.23 <sup>D1</sup>	4.50±0.06 <sup>C1</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5.: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p<0,001 düzeyinde farklıdır.

α,β,τ.: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p<0,01 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.7. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan tuz oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği



Çizelge 4.11. Beyaz peynirlerin kurumaddede tuz oranları (%) (n=3)

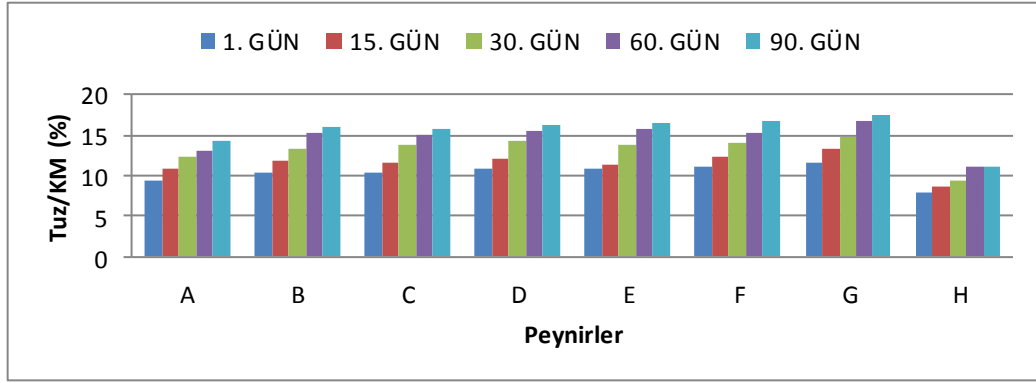
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	9.31±0.613 <sup>D5</sup>	10.94±0.58 <sup>D4</sup>	12.46±0.53 <sup>D3</sup>	13.16±0.27 <sup>D2</sup>	14.38±0.19 <sup>D1</sup>
B	10.45±0.47 <sup>B5bβ</sup>	11.79±0.12 <sup>C4aβ</sup>	13.40±0.22 <sup>C3br</sup>	15.30±0.84 <sup>B2bβ</sup>	15.93±0.25 <sup>C1bβ</sup>
C	10.41±0.18 <sup>C5bβ</sup>	11.65±0.25 <sup>C4br</sup>	13.72±0.22 <sup>C3bβ</sup>	15.09±0.33 <sup>C2br</sup>	15.86±0.69 <sup>C1bβ</sup>
D	10.91±0.29 <sup>B5bα</sup>	12.24±0.51 <sup>B4bα</sup>	14.27±0.79 <sup>B3bα</sup>	15.64±0.54 <sup>B2bα</sup>	16.37±0.35 <sup>B1bα</sup>
E	10.97±0.68 <sup>B5aβ</sup>	11.44±0.94 <sup>C4br</sup>	13.90±0.62 <sup>B3aβ</sup>	15.78±0.14 <sup>B2aβ</sup>	16.55±0.20 <sup>B1aβ</sup>
F	11.06±0.08 <sup>A5aβ</sup>	12.41±0.23 <sup>B4aβ</sup>	14.02±0.47 <sup>B3aβ</sup>	15.42±0.35 <sup>B2aβ</sup>	16.85±0.39 <sup>B1aβ</sup>
G	11.60±0.25 <sup>A5aα</sup>	13.38±0.21 <sup>A4aα</sup>	14.83±0.48 <sup>A3aα</sup>	16.67±0.15 <sup>A2aα</sup>	17.44±0.25 <sup>A1aα</sup>
H	7.84±0.76 <sup>E5</sup>	8.68±0.51 <sup>E4</sup>	9.39±0.54 <sup>E3</sup>	11.22±0.56 <sup>E2</sup>	11.23±0.17 <sup>E1</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.8. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kurumaddede tuz oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

#### 4.4.6. Beyaz peynirlerin kül oranları

Peynirlerin kül değerleri %1.96 ile %2.48 arasında değişmiştir (Çizelge 4.12. ve Şekil 4.9.). Enzim uygulaması peynirlerin kül değerlerini önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) etkilerken, enzim uygulama aşaması ve enzim oranı kül değerlerini etkilememiştir ( $p>0.05$ ). En yüksek kül değerine yağlı kontrol örneği sahip olmuş, bunu yağı azaltılmış kontrol örneği takip etmiştir. Enzim uygulanan peynirlerin kül içeriklerinin ise kontrol örneklerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sonucun, enzim uygulamasına bağlı olarak örneklerin düşük kurumaddeye sahip olmasından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

Depolama süresince peynirlerin kül içeriklerinde düzenli olmayan değişimler görülmüş ve depolama süresinin peynirlerin kül değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ).

Çizelge 4.12. Beyaz peynirlerin kül oranları (%) (n=3)

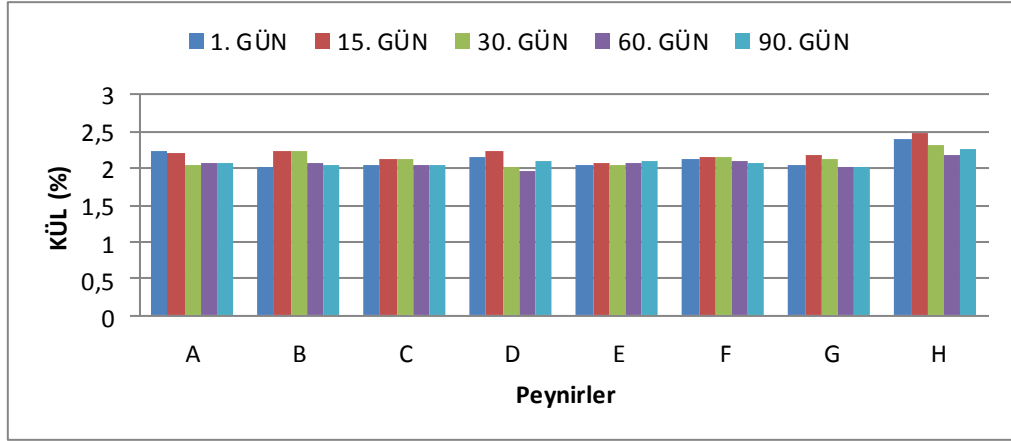
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	2.23±0.087 <sup>B1</sup>	2.22±0.15 <sup>B1</sup>	2.04±0.07 <sup>C2</sup>	2.07±0.05 <sup>A2</sup>	2.07±0.03 <sup>B2</sup>
B	2.03±0.11 <sup>C2aβ</sup>	2.25±0.13 <sup>B1aα</sup>	2.25±0.18 <sup>A1aα</sup>	2.07±0.03 <sup>A2aα</sup>	2.05±0.10 <sup>B2aα</sup>
C	2.06±0.11 <sup>C1bβ</sup>	2.12±0.07 <sup>C1aβ</sup>	2.12±0.09 <sup>B1aβ</sup>	2.04±0.04 <sup>B2bα</sup>	2.04±0.05 <sup>B2aα</sup>
D	2.15±0.06 <sup>B2aα</sup>	2.23±0.04 <sup>B1aα</sup>	2.02±0.07 <sup>C3br</sup>	1.96±0.09 <sup>B3aβ</sup>	2.09±0.06 <sup>B2aα</sup>
E	2.06±0.04 <sup>C1aβ</sup>	2.08±0.07 <sup>C1bβ</sup>	2.06±0.01 <sup>B1bβ</sup>	2.08±0.14 <sup>A1aα</sup>	2.10±0.08 <sup>B1aα</sup>
F	2.13±0.07 <sup>B1aα</sup>	2.15±0.05 <sup>B1aα</sup>	2.16±0.08 <sup>B1aα</sup>	2.11±0.08 <sup>A1aα</sup>	2.08±0.07 <sup>B2aα</sup>
G	2.06±0.04 <sup>C2bβ</sup>	2.17±0.03 <sup>B1bα</sup>	2.12±0.05 <sup>B1aα</sup>	2.01±0.01 <sup>B2aβ</sup>	2.02±0.04 <sup>B2bβ</sup>
H	2.40±0.12 <sup>A2</sup>	2.48±0.11 <sup>A1</sup>	2.33±0.17 <sup>A2</sup>	2.17±0.10 <sup>A4</sup>	2.27±0.10 <sup>A3</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulamasına göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler depolama süresine göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler enzim uygulama aşamasına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler enzim oranına göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

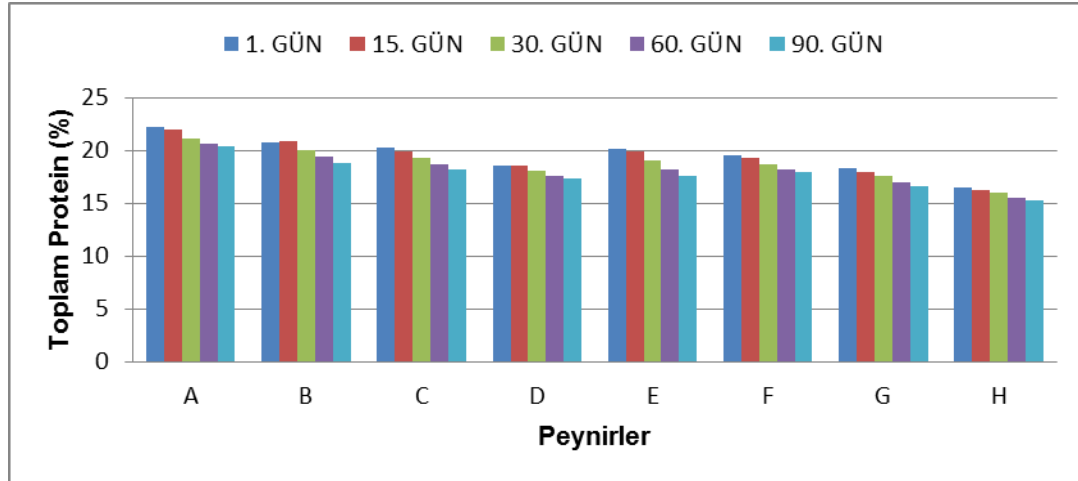


Şekil 4.9. Peynirlerde depolama süresince saptanan kül oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1,00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

#### 4.4.7. Beyaz peynirlerin protein ve kurumaddede protein oranları

Peynirlerin protein ve kurumaddede protein değerlerinde 90 günlük depolama süresince görülen değişimler sırasıyla, Çizelge 4.13. ve Şekil 4.10. ile Çizelge 4.14. ve Şekil 4.11.'de verilmiştir.



Şekil 4.10. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan toplam protein oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1,00 U/g protein MTG ilaveli örnek **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Çizelge 4.13. Beyaz peynirlerin toplam protein oranları (%) (n=3)

Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	22.20±0.327 <sup>A1</sup>	22.01±0.38 <sup>A1</sup>	21.17±0.51 <sup>A2</sup>	20.67±0.46 <sup>A3</sup>	20.38±0.41 <sup>A3</sup>
B	20.72±0.35 <sup>B1aα</sup>	20.86±0.22 <sup>B1aα</sup>	20.00±0.31 <sup>B2aα</sup>	19.47±0.09 <sup>B3aα</sup>	18.86±0.55 <sup>B4aα</sup>
C	20.28±0.56 <sup>B1aβ</sup>	19.94±0.73 <sup>C1aβ</sup>	19.30±0.86 <sup>C2aβ</sup>	18.71±0.63 <sup>C3aβ</sup>	18.20±1.02 <sup>C4aβ</sup>
D	18.53±0.84 <sup>E1aγ</sup>	18.60±0.40 <sup>E1aγ</sup>	18.11±0.39 <sup>E2aγ</sup>	17.58±0.20 <sup>E3aγ</sup>	17.31±0.24 <sup>D3aγ</sup>
E	20.16±0.74 <sup>C1bα</sup>	19.90±0.77 <sup>C1bα</sup>	19.08±0.60 <sup>C2bα</sup>	18.16±0.26 <sup>D3bα</sup>	17.61±0.18 <sup>D4bα</sup>
F	19.54±0.24 <sup>D1bβ</sup>	19.27±0.24 <sup>D1bβ</sup>	18.70±0.09 <sup>D2bα</sup>	18.20±0.11 <sup>C3bα</sup>	17.99±0.13 <sup>C3aα</sup>
G	18.33±0.13 <sup>E1aγ</sup>	18.02±0.14 <sup>F1bγ</sup>	17.64±0.27 <sup>E2bβ</sup>	17.03±0.31 <sup>F3bβ</sup>	16.66±0.33 <sup>E3bβ</sup>
H	16.46±0.26 <sup>F1</sup>	16.24±0.23 <sup>G1</sup>	15.98±0.20 <sup>F2</sup>	15.57±0.24 <sup>G2</sup>	15.26±0.08 <sup>F3</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.  
1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

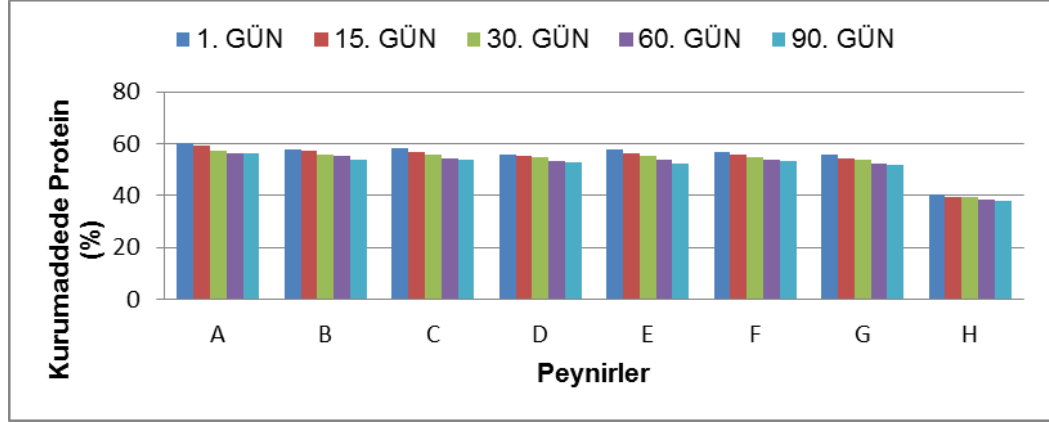
a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

Çizelge 4.14. Beyaz peynirlerin kurumadede protein oranları (%) (n=3)

Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	60.10±0.652 <sup>A1</sup>	59.05±0.70 <sup>A2</sup>	57.25±1.10 <sup>A3</sup>	56.18±1.30 <sup>A4</sup>	56.11±0.60 <sup>A4</sup>
B	57.80±1.47 <sup>B1aα</sup>	57.36±0.07 <sup>B1aα</sup>	55.83±0.12 <sup>B2aα</sup>	55.28±0.10 <sup>A2aα</sup>	53.67±1.11 <sup>B3aα</sup>
C	58.29±0.38 <sup>B1aα</sup>	56.71±0.91 <sup>B2aα</sup>	55.97±0.83 <sup>B2aα</sup>	54.44±1.03 <sup>B3aβ</sup>	53.77±1.39 <sup>B3aα</sup>
D	55.66±2.03 <sup>D1aβ</sup>	55.36±0.64 <sup>C1aβ</sup>	54.69±0.81 <sup>C2aβ</sup>	53.50±0.31 <sup>B3aτ</sup>	52.78±0.32 <sup>C3aβ</sup>
E	57.57±1.02 <sup>B1aα</sup>	56.42±1.23 <sup>B2bα</sup>	55.32±1.10 <sup>B3aα</sup>	53.67±0.91 <sup>B4bα</sup>	52.23±0.27 <sup>C5bβ</sup>
F	56.87±0.65 <sup>C1bα</sup>	55.73±0.55 <sup>C2bα</sup>	54.99±0.26 <sup>C2bα</sup>	53.65±0.25 <sup>B3bα</sup>	53.12±0.31 <sup>B3bα</sup>
G	55.88±0.28 <sup>D1aβ</sup>	54.12±0.29 <sup>D2bβ</sup>	53.91±0.74 <sup>D2bβ</sup>	52.41±0.86 <sup>C3bβ</sup>	51.63±0.93 <sup>D4bβ</sup>
H	40.42±0.69 <sup>E1</sup>	39.42±0.46 <sup>E2</sup>	39.41±0.38 <sup>E2</sup>	38.64±0.72 <sup>D3</sup>	38.06±0.52 <sup>E3</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.  
1,2,3,4,5.: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.  
a,b.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.  
α,β,τ.: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.11. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kurumaddede protein oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

En düşük protein ve kurumaddede protein değerine yağlı kontrol örneği (H) sahip olurken, en yüksek protein ve kurumaddede protein değerine yağ azaltılmış kontrol örneği (A) sahip olmuştur. Enzim uygulanan peynirlerdeki protein ve kurumaddede protein değerleri ise A kontrol peynirinden düşük olmuş ve enzim uygulamasının peynirlerin protein ve kurumaddede protein değerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Enzim uygulanan peynirlerde oluşan çapraz bağların etkisiyle pıhtıda tutulan serum proteinlerinden dolayı peynirlerin daha yüksek oranda protein içermesi beklenirken, oluşan çapraz bağlar aynı zamanda pıhtıda daha fazla suyun tutulmasına neden olduğundan MTG uygulanan peynirlerin protein içeriklerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Özer ve ark. (2013) da MTG uygulanmış peynirlerin protein içeriklerinin kontrol peynirlerinden düşük olduğunu bildirmiştir.

Enzim uygulama aşamasının peynirlerin protein ve kurumaddede protein içerikleri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Rennet ile birlikte MTG ilave edilen peynirlerin protein ve kurumaddede protein içeriklerinin, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlere göre az da olsa yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farkın, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan

peynirlerin daha düşük kurumadde içeriğine sahip olmasıyla ilişkili olduğu tahmin edilmektedir.

İlave edilen enzim oranı ile peynirlerin protein ve kurumaddede protein oranları arasında negatif bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Enzim oranı arttıkça peynirlerin kurumaddeledeki azalmaya bağlı olarak protein ve kurumaddede protein içerikleri de azalmıştır ( $p<0.01$ ). Gaspar ve de Góes-Favoni. (2015) MTG oranı arttıkça proteinlerin su tutma kapasitesinin arttığını bildirmişlerdir.

Depolama süresi boyunca toplam protein ve kurumaddede protein değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin toplam protein değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p<0.01$ ). Peynirlerin protein ve kurumaddede protein içeriklerinde depolama süresi boyunca görülen sürekli azalmanın; salamuradan peynir kitlesine tuz geçişi, peynirden salamuraya protein difüzyonu, starter kültürlerin ve pıhtılaştırıcı enzimlerin etkisiyle proteinlerin proteolizi sonucu olduğu düşünülmektedir. Beyaz peynir, salamurada olgunlaştırılan bir peynir türü olup, depolama süresince peynir içine salamuradan tuz geçişi ya da protein hidrolizatlarının salamuraya difüzyonu söz konusudur. Mc Sweeney (2004); olgunlaşma dönemi boyunca farklı peynir çeşitlerinde starter kültür ve/veya pıhtılaştırıcı maya kökenli proteinazlar ve peptidazların etkisiyle gerçekleşen proteolize bağlı olarak toplam N miktarlarının değişen oranlarda azalmadığını bildirmiştir. Şener (2012) ile Özer ve ark. (2013) da MTG uygulanan Beyaz peynirlerin protein içeriklerinde depolama süresi boyunca azalma olduğunu bildirmişlerdir.

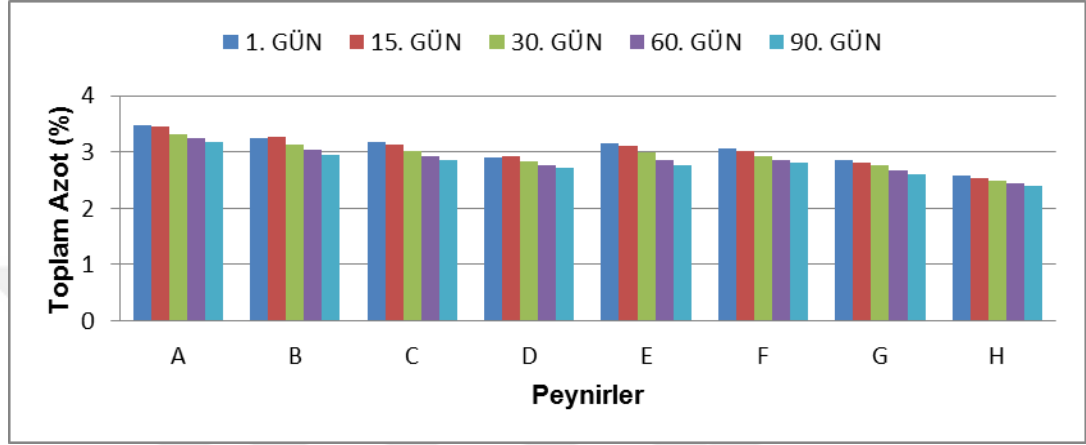
#### 4.5. Proteolitik Özellikler

Olgunlaşma dönemi boyunca peynirlerdeki toplam protein değerindeki azalmaya bağlı olarak düşük molekül ağırlıklı azot fraksiyonlarının konsantrasyonunda artış meydana gelmektedir (Fox, 1987). Bu bölümde Beyaz peynir örneklerinde olgunlaşma süresince oluşan proteoliz; azot fraksiyonları, üre-PAGE elektroforetik analizler ve RP-HPLC peptid profilleri çıkarılarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



#### 4.5.1. Toplam azot oranları

Peynirlerin toplam azot değerlerinin %2.39 ile %3.48 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.15. ve Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan toplam azot oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranının peynirlerin toplam azot değerlerini önemli düzeyde etkilediği saptanmıştır ( $p < 0.01$ ). En yüksek toplam azot değerine yağsız kontrol örneği (A) sahip olurken, en düşük toplam azot değerine de yağlı kontrol örneği (H) sahip olmuştur. Yağlı kontrol peynirinde kurumaddenin neredeyse yarısını yağ oluşturduğu için, toplam azot değerlerinin yağı azaltılmış peynirlere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Enzim uygulanan örneklerin toplam azot değerlerinin yağı azaltılmış kontrol örneğinden düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun MTG uygulanan peynirlerde kitlede daha yüksek oranda su tutulmasıyla ilişkili olduğu tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.15. Beyaz peynirlerin toplam azot oranları (%) (n=3)

Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	3.48±0.051 <sup>A1</sup>	3.45±0.06 <sup>A1</sup>	3.32±0.08 <sup>A2</sup>	3.24±0.07 <sup>A3</sup>	3.19±0.06 <sup>A3</sup>
B	3.25±0.06 <sup>B1aα</sup>	3.27±0.03 <sup>B1aα</sup>	3.13±0.05 <sup>B2aα</sup>	3.05±0.01 <sup>B3aα</sup>	2.96±0.09 <sup>B4aα</sup>
C	3.18±0.09 <sup>B1aβ</sup>	3.13±0.11 <sup>C1aβ</sup>	3.02±0.14 <sup>C2aβ</sup>	2.93±0.10 <sup>C3aβ</sup>	2.85±0.16 <sup>C4aβ</sup>
D	2.90±0.13 <sup>E1aγ</sup>	2.92±0.06 <sup>E1aγ</sup>	2.84±0.06 <sup>E2aγ</sup>	2.76±0.03 <sup>D3aγ</sup>	2.71±0.04 <sup>D3aγ</sup>
E	3.16±0.12 <sup>C1bα</sup>	3.12±0.12 <sup>C1bα</sup>	2.99±0.09 <sup>C2bα</sup>	2.85±0.04 <sup>C3bα</sup>	2.76±0.03 <sup>D4bα</sup>
F	3.06±0.04 <sup>D1bβ</sup>	3.02±0.04 <sup>D1bβ</sup>	2.93±0.01 <sup>D2bα</sup>	2.85±0.02 <sup>C3bα</sup>	2.82±0.02 <sup>C3aα</sup>
G	2.87±0.02 <sup>E1aγ</sup>	2.82±0.02 <sup>F1bγ</sup>	2.76±0.04 <sup>E2bβ</sup>	2.67±0.05 <sup>E3bβ</sup>	2.61±0.05 <sup>E3bβ</sup>
H	2.58±0.04 <sup>F1</sup>	2.54±0.04 <sup>G1</sup>	2.50±0.03 <sup>F2</sup>	2.44±0.04 <sup>F2</sup>	2.39±0.01 <sup>F3</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.  
1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.  
a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.  
α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

Rennet ile birlikte MTG ilave edilen örneklerin (B, C ve D) toplam azot içerikleri, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan örneklerden (E, F ve G) daha yüksek bulunmuştur. İlave edilen enzim oranı arttıkça, peynirlerin toplam azot içeriklerinin azaldığı görülmektedir. Her iki sonuç da MTG enziminin oluşturduğu çapraz bağlar arasında daha yüksek oranda su tutulmasına bağlanabilir.

Depolama süresi boyunca toplam azot değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin toplam azot değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p < 0.01$ ). Beyaz peynir gibi salamura olgunlaştırılan peynirlerde proteolizin depolama boyunca devam ettiği ve proteoliz ürünlerinin suda çözünerek salamuraya geçtiği bilinmektedir, bu nedenle peynirde toplam azot miktarı azalmaktadır (Yaygın, 1979; Karakus ve Alperden, 1992). Şener (2012) ile Özer ve ark. (2013) da MTG uygulanan Beyaz peynirlerin toplam azot içeriklerinde depolama süresi boyunca azalma olduğunu bildirmiştir.

#### 4.5.2. Suda çözünen azot (SÇA) oranları

Peynirlerde olgunlaşma sırasında meydana gelen önemli değişikliklerden biri de proteinlerin parçalanmasıdır. Süte starter kültür ve maya ilavesi ile başlayan ve sütün maya ile pıhtılaşmasından sonra belirgin hale gelen proteinlerin parçalanması, mikroorganizma ve enzimlerin etkisiyle depolama süresince devam eden dinamik bir biyokimyasal olaydır (Uraz ve Şimşek, 1998). Suda çözünen azot oranı peynirde olgunlaşma derecesinin bir göstergesi olup, peyniraltı suyu proteinleri, proteoz-peptonları, kazeinin parçalanması sonucu oluşan küçük ve orta molekül ağırlıklı peptitlerin toplamı suda çözünen protein olarak ifade edilmektedir (McSweeney ve Fox, 1997; Pavia ve ark., 2000). Peynirlerinin suda çözünen azot değerlerinde 90 günlük depolama süresince görülen değişimleri Çizelge 4.16. ve Şekil 4.13.'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Beyaz peynirlerin suda çözünen azot oranları (%) (n=3)

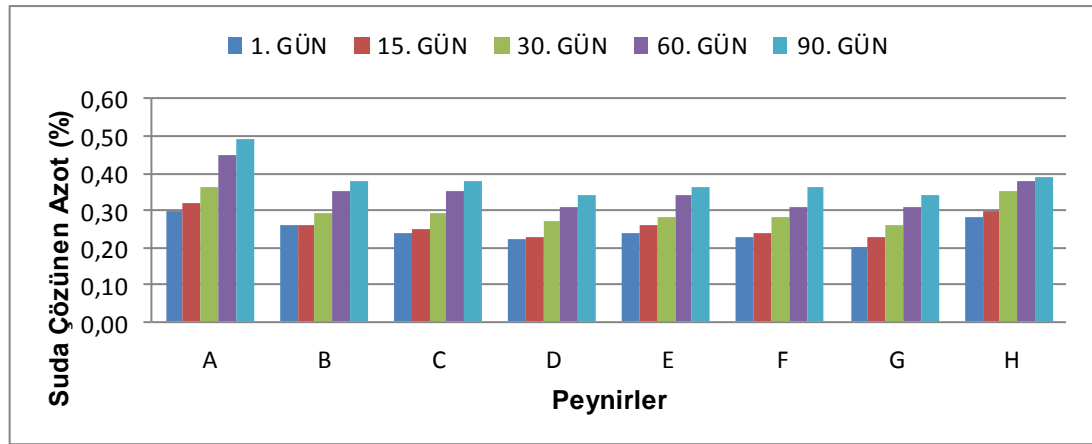
Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	0.30±0.009 <sup>A4</sup>	0.32±0.01 <sup>A4</sup>	0.36±0.02 <sup>A3</sup>	0.45±0.02 <sup>A2</sup>	0.49±0.04 <sup>A1</sup>
B	0.26±0.01 <sup>B4aα</sup>	0.26±0.01 <sup>B4aα</sup>	0.29±0.01 <sup>B3aα</sup>	0.35±0.02 <sup>B2aα</sup>	0.38±0.03 <sup>B1aα</sup>
C	0.24±0.02 <sup>B4aα</sup>	0.25±0.02 <sup>B4aα</sup>	0.29±0.02 <sup>B3aα</sup>	0.35±0.02 <sup>B2aα</sup>	0.38±0.02 <sup>B1aα</sup>
D	0.22±0.03 <sup>C4aβ</sup>	0.23±0.03 <sup>B4aβ</sup>	0.27±0.02 <sup>B3aα</sup>	0.31±0.02 <sup>C2aβ</sup>	0.34±0.03 <sup>C1aβ</sup>
E	0.24±0.02 <sup>B3bα</sup>	0.26±0.02 <sup>B2aα</sup>	0.28±0.02 <sup>B2aα</sup>	0.34±0.02 <sup>C1aα</sup>	0.36±0.02 <sup>B1bα</sup>
F	0.23±0.02 <sup>B4aα</sup>	0.24±0.03 <sup>B4aα</sup>	0.28±0.02 <sup>B3aα</sup>	0.31±0.02 <sup>C2bβ</sup>	0.36±0.04 <sup>B1bα</sup>
G	0.20±0.02 <sup>C5bβ</sup>	0.23±0.02 <sup>B4aβ</sup>	0.26±0.01 <sup>B3aα</sup>	0.31±0.01 <sup>C2aβ</sup>	0.34±0.00 <sup>C1aα</sup>
H	0.28±0.02 <sup>A3</sup>	0.30±0.02 <sup>A3</sup>	0.35±0.01 <sup>A2</sup>	0.38±0.01 <sup>B1</sup>	0.39±0.01 <sup>B1</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.05 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.13. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan suda çözünen azot oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

İstatistiksel analizler enzim uygulamasının peynirlerin suda çözünen azot içeriklerini önemli düzeyde etkilediğini göstermiştir ( $p < 0.01$ ). En yüksek suda çözünen azot değerine yağı azaltılmış kontrol örneği (A), en düşük suda çözünen azot değerine ise pıhtı kesiminden sonra en yüksek oranda MTG uygulanan peynir örneği (G) sahip olmuştur. Bu sonuç, MTG uygulamasının peynirlerde proteolizi yavaşlatmasına bağlanabilir. Peynirde suda çözünen azot oluşumu daha çok proteolizin birinci evresinde şekillenmektedir. Bu durum, proteolizin birincil aşamasından ağırlıklı olarak kimozen başta olmak üzere pıhtılaştırıcı enzimler ile pıhtıda yer alan plazmin veya hücre duvarına tutulu proteazların sorumlu olmasından kaynaklanmaktadır (Sousa ve ark., 2001; Şener, 2012).

MTG enzimi tarafından modifiye edilen peynir matriksinde  $\alpha_{s1}$ -kazein ve  $\beta$ -kazein hapsedilmektedir (Di Pierro ve ark., 2010).  $\kappa$ -kazeinin C-terminalinde yer alan 14 glutamin rezidüsünün dördü MTG'nin işlevini yerine getirmesi için hazır durumdadır (Christensen ve ark., 1996). Bunun sonucu olarak, süt proteinlerinde MTG tarafından oluşturulan çapraz bağlar ile meydana gelen yeni matrikste pıhtılaştırıcı enzimin aktivitesi kısıtlanmakta ve süt proteinlerinin proteolitik enzimlerle degradasyonu yavaşlamaktadır (Özer ve ark., 2013).

Rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerin suda çözünen azot içeriklerinin pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerden çok az yüksek olduğu saptanmış ve bu fark istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Bu durumun pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde MTG enziminin daha fazla çapraz bağ oluşturmamasından ve oluşan yeni matriksin fiziksel konfigürasyonunun proteolitik enzimlerin penetrasyonunu kısmen kısıtlamasından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

MTG oranı arttıkça peynirlerin suda çözünen azot değerlerinin azaldığı saptanmıştır ( $p<0.01$ ). Enzim oranı arttıkça peynir matriksindeki çapraz bağ sayısının arttığı ve bunun sonucunda protein degradasyonunun azaldığı düşünülmektedir. Gaspar ve de Góes-Favoni (2015) MTG oranının (belli bir düzeye kadar) artmasıyla birlikte çapraz bağ sayısının da arttığını bildirmektedir.

Depolama süresince peynirlerin suda çözünen azot değerlerinin önemli düzeyde artış gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). MTG uygulanan örneklerde ilk 30 gün proteoliz yavaş seyretmiş ve depolama sürecinin devamında proteolizin hızlandığı görülmüştür. Peynirlerde suda çözünen azot oranlarındaki artışın, olgunlaşmanın sonlarına doğru daha da artması, bakteri hücrelerinin lize olması sonucu peynir kitlesindeki proteolitik veya peptidolitik enzimlerin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ortaya çıkan enzimler, büyük molekülü peptidlerin küçük molekülü peptidlere veya aminoasitlere dönüşmesine yol açmaktadır. Peptidlerin parçalanması ile proteinlerin hidrofilik özellikleri de arttığından, suda çözünen azot miktarlarının da arttığı gözlenmektedir (Hayaloğlu, 2003).

Muir ve ark. (1999) eritme peynirlerde, Abo El Ella ve ark. (1988) Ras tipi peynirlerde ve Öztekin (1983) Kaşar peynirlerinde olgunlaşma süresince suda çözünen azot oranının arttığını saptamışlardır. Lane ve ark. (1997), Cheddar peynirinin olgunlaşma süresince (25 hafta) suda çözünen azot miktarının arttığını saptamışlardır.

#### 4.5.3. % 12 Trikloroasetik asitte çözünen azot (TCA) oranları

Genellikle %12'lik trikloroasetik asit (TCA) konsantrasyonunda çözünen protein fraksiyonları, “protein karakterinde olmayan azot” olarak adlandırılır. Protein olmayan azot fraksiyonları, suda çözünen azotun önemli bir kısmını oluşturmakta ve özellikle bakterilerin ve az da olsa rennetin proteolitik aktivitesi sonucu meydana gelen 3000 Dalton'dan küçük peptitlerle, aminoasitleri içermektedir (Lopez-Fandino ve Ardö 1991; McSweeney ve Fox, 1997; Cinbaş ve Kılıç, 2006). Peynir üretiminin yaklaşık ilk 24 saatinde  $\alpha_{s1}$ -kazeinin %40'ı Phe<sub>23</sub> - Phe<sub>24</sub> arasındaki peptid bağından hidrolize uğrayarak,  $\alpha_{s1}$ -kazein (f1-23) ve  $\alpha_{s1}$ -I-kazein (f24-199) fraksiyonlarını oluşturmaktadır. Küçük zincir uzunluğuna sahip olan  $\alpha_{s1}$ -kazein (f1-23) fraksiyonu, starter proteinazlarınca (Gln<sub>9</sub> -Gly<sub>10</sub> ve Gln<sub>13</sub> - Glu<sub>14</sub> arası peptid bağları) hızlı bir şekilde hidrolize edilerek serbest amino asitler ve küçük molekül ağırlıklı peptidleri oluşturmaktadır (Fox et al., 1996; Topçu, 2004). Peynirlerde proteoliz ürünü olarak ortaya çıkan protein olmayan azotlu bileşikler peynirin aroma bileşenleri üretiminin başlangıç noktası olarak değerlendirilmektedir (Şener, 2012).

Peynirlerin protein olmayan azot içerikleri % 0.10 ile % 0.33 arasında değişmiştir (Çizelge 4.17. ve Şekil 4.14.).

Çizelge 4.17. Beyaz peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot oranları (%) (n=3)

Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	0.19±0.03 <sup>B5</sup>	0.21±0.01 <sup>A4</sup>	0.26±0.00 <sup>A3</sup>	0.29±0.01 <sup>A2</sup>	0.33±0.00 <sup>A1</sup>
B	0.15±0.00 <sup>C5αα</sup>	0.16±0.00 <sup>B4αα</sup>	0.18±0.00 <sup>C3αα</sup>	0.21±0.00 <sup>C2αα</sup>	0.24±0.00 <sup>C1αα</sup>
C	0.15±0.01 <sup>C5αα</sup>	0.16±0.01 <sup>B4αα</sup>	0.17±0.00 <sup>D3αβ</sup>	0.20±0.00 <sup>D2αβ</sup>	0.22±0.00 <sup>D1αβ</sup>
D	0.12±0.01 <sup>E5αβ</sup>	0.14±0.00 <sup>D4αβ</sup>	0.15±0.00 <sup>F3αγ</sup>	0.18±0.01 <sup>E2αγ</sup>	0.21±0.00 <sup>E1αγ</sup>
E	0.13±0.01 <sup>D5βα</sup>	0.15±0.01 <sup>C4βα</sup>	0.16±0.01 <sup>E3βα</sup>	0.18±0.00 <sup>E2βα</sup>	0.21±0.00 <sup>E1βα</sup>
F	0.12±0.01 <sup>E5bβ</sup>	0.13±0.01 <sup>E4bβ</sup>	0.15±0.00 <sup>F3bβ</sup>	0.18±0.00 <sup>E2bα</sup>	0.20±0.00 <sup>F1bβ</sup>
G	0.10±0.00 <sup>F5bγ</sup>	0.13±0.01 <sup>E4bβ</sup>	0.14±0.00 <sup>G3bγ</sup>	0.17±0.00 <sup>F2bβ</sup>	0.20±0.00 <sup>F1bβ</sup>
H	0.20±0.00 <sup>A5</sup>	0.21±0.01 <sup>A4</sup>	0.23±0.00 <sup>B3</sup>	0.26±0.01 <sup>B2</sup>	0.29±0.01 <sup>B1</sup>

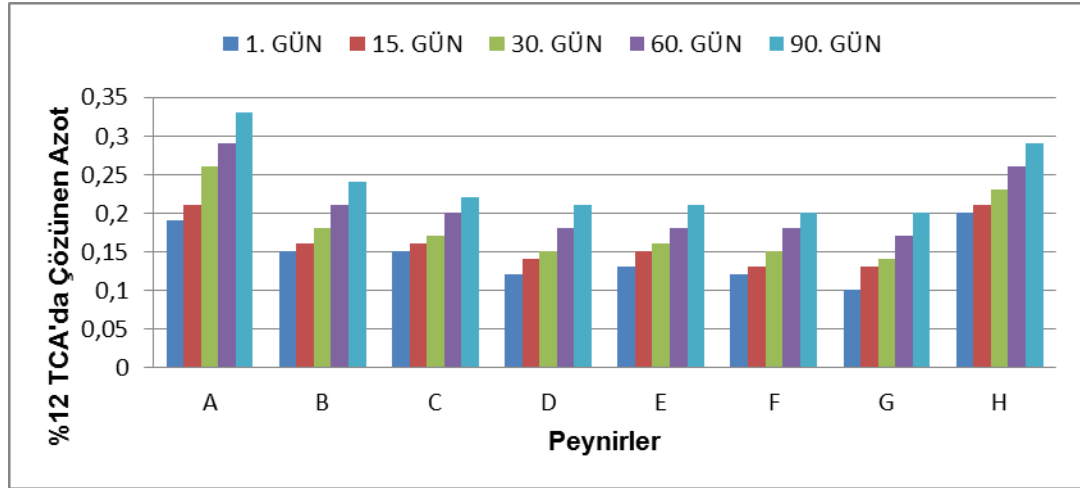
A,B,C,D,E,F,G: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.





Şekil 4.14. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan %12 TCA'da çözünen azot oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0,25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulanan peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot değerlerinin kontrol peynirlerine göre daha düşük olduğu belirlenmiş ve enzim uygulamasının peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Suda çözünen azot değerlerinde olduğu gibi, % 12 TCA'da çözünen azot fraksiyonlarının oluşumunda da süt proteinlerinde MTG tarafından oluşturulan çapraz bağlar sonucunda meydana gelen yeni matrikste pıhtılaştırıcı enzimin aktivitesinin kısıtlandığı ve süt proteinlerinin proteolitik enzimlerle degradasyonunun yavaşladığı öngörülmektedir. Buna bağlı olarak da MTG uygulanmış peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot değerlerinin kontrol örneklerinden düşük olduğu tahmin edilmektedir.

Enzim uygulama aşamasının peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot içeriklerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot içeriklerinin pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerden biraz daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun da, pıhtı kesiminden sonra MTG enzimi aracılığı ile proteinlerdeki çapraz bağların daha fazla olması sonucunda serbest amino asit

konsantrasyonun azalması ve proteolitik enzimlerin aktivitesinin kısıtlanmasından kaynakladığı düşünülmektedir.

Enzim oranının peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot içeriklerine etkisinin önemli olduğu ( $p<0.01$ ) ve enzim oranı ile peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot içeriği arasında negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bu sonucun da suda çözünen azot fraksiyonlarında olduğu gibi, enzim oranının artmasıyla birlikte peynir matriksindeki çapraz bağ sayısının artmasına ve bunun sonucunda protein degradasyonunun azalmasına bağlı olduğu tahmin edilmektedir.

Depolama süresi boyunca örneklerin % 12 TCA'da çözünen azot oranları düzenli olarak artış göstermiştir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin % 12 TCA'da çözünen azot değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p<0.01$ ). Peynirde ileri proteolizin göstergesi olarak olgunlaşmaya paralel olarak artış gösteren (Desmadezeud ve Gripon, 1977; Lin ve Jeon, 1987; Madkor ve ark., 1987) protein olmayan azot değerlerinin depolama sonunda %0.20 ile %0.33 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler, Şener (2012) ve Özer ve ark. (2013)'nın MTG uygulanmış Beyaz peynirlerde buldukları değerlerle uyum içindedir.

#### 4.5.4. %5 Fosfotungustik asitte çözünen azot (PTA-N) oranları

% 5 PTA'da çözünen azot değeri (PTA-N), peynirde serbest amino asitlerin indeksi olarak kullanılmaktadır. 600 dalton'dan daha az molekül ağırlığına sahip peptid ve amino asitler % 5 PTA'da çözünmektedir (Rank ve ark., 1985; McSweeney ve Fox, 1997; Hannon ve ark., 2003, Christensen ve ark., 1991). % 5 PTA'da çözünen serbest amino asit (lisin ve arginin hariç) ve peptidlerin düzeyinin peynirin aroma gelişim seviyesinin güvenilir bir göstergesi olduğu (Bartels ve ark., 1987; McSweeney ve Sousa, 2000) ve bu azot fraksiyonunun starter ve starter olmayan floradan kaynaklanan peptidolitik aktiviteyle yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir (Scolari ve ark., 1993).

Peynirlerinin PTA-N değerlerinde 90 günlük depolama süresince görülen değişimler Çizelge 4.18. ve Şekil 4.15.'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Beyaz peynirlerin depolama süresince meydana gelen % 5 PTA'da çözünen azot oranları (%) (n=3)

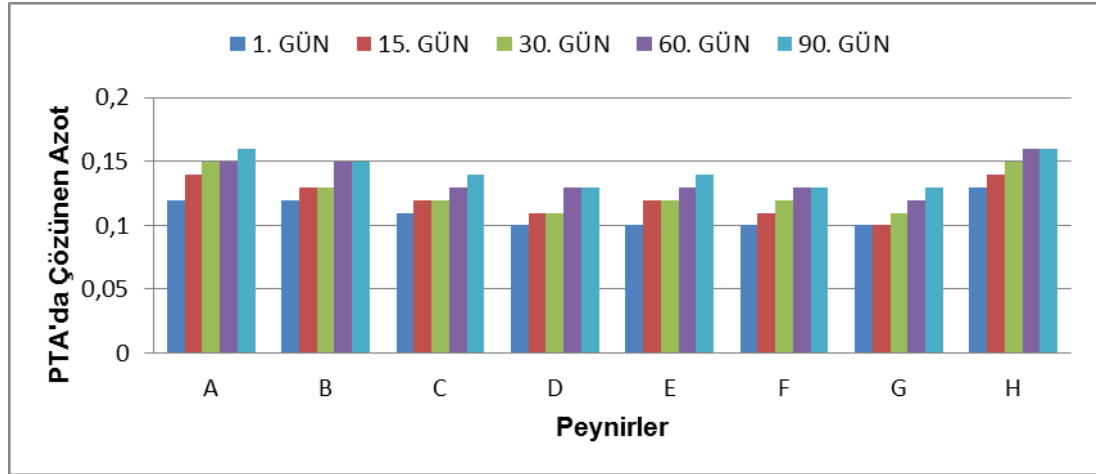
ÖRNEK	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	0.12±0.003 <sup>B4</sup>	0.14±0.00 <sup>A3</sup>	0.15±0.00 <sup>A2</sup>	0.15±0.00 <sup>B2</sup>	0.16±0.00 <sup>A1</sup>
B	0.12±0.00 <sup>B3aα</sup>	0.13±0.00 <sup>B2aα</sup>	0.13±0.00 <sup>B2aα</sup>	0.15±0.00 <sup>B1aα</sup>	0.15±0.00 <sup>B1aα</sup>
C	0.11±0.00 <sup>C4aβ</sup>	0.12±0.00 <sup>C3aβ</sup>	0.12±0.00 <sup>C3aβ</sup>	0.13±0.00 <sup>C2aβ</sup>	0.14±0.00 <sup>C1aβ</sup>
D	0.10±0.00 <sup>D3aβ</sup>	0.11±0.00 <sup>D2aβ</sup>	0.11±0.00 <sup>D2aβ</sup>	0.13±0.00 <sup>C1aβ</sup>	0.13±0.00 <sup>D1aβ</sup>
E	0.10±0.00 <sup>D4bα</sup>	0.12±0.00 <sup>C3bα</sup>	0.12±0.00 <sup>C3bα</sup>	0.13±0.00 <sup>C2bα</sup>	0.14±0.00 <sup>C1bα</sup>
F	0.10±0.00 <sup>D4bα</sup>	0.11±0.00 <sup>D3bβ</sup>	0.12±0.00 <sup>C2aα</sup>	0.13±0.00 <sup>C1aα</sup>	0.13±0.00 <sup>D1bβ</sup>
G	0.10±0.00 <sup>D4aα</sup>	0.10±0.00 <sup>E4br</sup>	0.11±0.00 <sup>D3aβ</sup>	0.12±0.00 <sup>D2bβ</sup>	0.13±0.00 <sup>D1aβ</sup>
H	0.13±0.00 <sup>A4</sup>	0.14±0.00 <sup>A3</sup>	0.15±0.00 <sup>A2</sup>	0.16±00 <sup>A1</sup>	0.16±00 <sup>A1</sup>

A,B,C,D,E.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4.: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b.: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ.: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.



Şekil 4.15. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan % 5 PTA'da çözünen azot oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranları peynirlerin PTA-N değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0.01$ ). Enzim uygulanan örneklerin PTA-N değerlerinin kontrol örneklerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, enzim uygulanan örneklerde proteolizin daha düşük düzeyde olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. MTG uygulamasıyla oluşan peynir matriksinde serbest amino asit miktarının daha az olduğu ve proteolitik enzimlerin aktivitesinin kısmen azaldığı düşünülmektedir. Şener (2012) ile Özer ve ark. (2013) da MTG uygulanmış Beyaz peynirlerde PTA-N miktarının kontrol peynirlerinden düşük düzeyde olduğunu bildirmiştir.

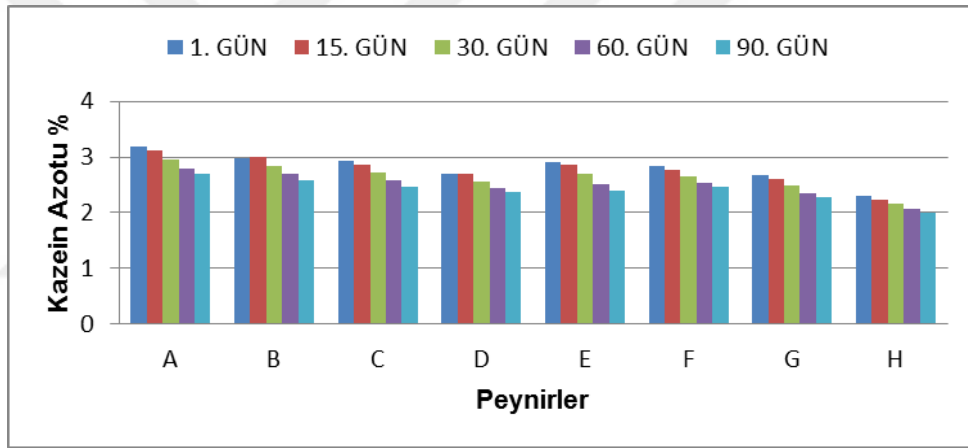
Rennetle birlikte MTG uygulanan peynirlerin PTA-N değerleri pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklere çok yakın bulunmuştur. Ancak, diğer azot fraksiyonlarında olduğu gibi pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan örneklerin PTA-N değerlerinin, oluşan çapraz bağlar nedeniyle, daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Enzim oranının artması ile birlikte, yine daha fazla çapraz bağ oluşumuna (Gaspar ve de Góes-Favoni, 2015) paralel olarak PTA-N değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Depolama süresi boyunca örneklerin PTA-N değerleri proteolize bağlı olarak bir miktar artış göstermiştir ( $p < 0.01$ ). Elde edilen bu sonuçlar Şener (2012) ve Özer ve ark. (2013)'ün bulguları ile uyum içindedir.

#### 4.5.5. Kazein azotu oranları

Peynirlerinin kazein azotu değerleri % 2.0 ile % 3.18 arasında değişmiştir (Çizelge 4.19. ve Şekil 4.16.).



Şekil 4.16. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan kazein azotu oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Çizelge 4.19. Beyaz peynirlerin kazein azotu oranları (%) (n=3)

ÖRNEK	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	3.18±0.052 <sup>A1</sup>	3.13±0.07 <sup>A1</sup>	2.96±0.10 <sup>A1</sup>	2.79±0.10 <sup>A1</sup>	2.70±0.09 <sup>A1</sup>
B	2.99±0.06 <sup>B1aα</sup>	3.01±0.02 <sup>B1aα</sup>	2.84±0.04 <sup>B1aα</sup>	2.70±0.01 <sup>B1aα</sup>	2.58±0.06 <sup>B1aα</sup>
C	2.94±0.10 <sup>B1aα</sup>	2.87±0.12 <sup>C1aβ</sup>	2.73±0.12 <sup>C1aβ</sup>	2.59±0.09 <sup>C1aβ</sup>	2.47±0.15 <sup>C1aβ</sup>
D	2.69±0.12 <sup>D1aβ</sup>	2.69±0.07 <sup>E1aγ</sup>	2.57±0.08 <sup>D1aγ</sup>	2.45±0.04 <sup>D1aγ</sup>	2.38±0.06 <sup>D1aγ</sup>
E	2.92±0.13 <sup>B1bα</sup>	2.86±0.13 <sup>C1bα</sup>	2.71±0.11 <sup>C1bα</sup>	2.51±0.05 <sup>C1bα</sup>	2.40±0.04 <sup>C1bα</sup>
F	2.84±0.04 <sup>C1bβ</sup>	2.78±0.04 <sup>D1bβ</sup>	2.65±0.01 <sup>C1bα</sup>	2.54±0.01 <sup>C1aα</sup>	2.46±0.05 <sup>C1aα</sup>
G	2.67±0.04 <sup>D1aγ</sup>	2.60±0.04 <sup>F1bγ</sup>	2.50±0.05 <sup>C1bβ</sup>	2.36±0.05 <sup>E1bβ</sup>	2.28±0.05 <sup>E1bβ</sup>
H	2.30±0.04 <sup>E1</sup>	2.24±0.03 <sup>G1</sup>	2.16±0.04 <sup>D1</sup>	2.06±0.03 <sup>F1</sup>	2.00±0.01 <sup>F1</sup>

A,B,C,D,E,F,G: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

En yüksek kazein azotu değerine yağı azaltılmış kontrol rneği (A), en düşük kazein azotu değerine ise yağlı kontrol rneği (H) sahip olmuştur. Enzim uygulanan peynirlerin kazein azotu değerleri yağı azaltılmış kontrol peynirinden daha düşük olmuş ve enzim uygulamasının peynirlerin kazein azotu içeriğini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Bu sonuç, MTG uygulaması ile pıhtıda tutulan serum proteinleri ve su miktarının fazla olması nedeniyle kazein azotunun oransal olarak düşmesine bağlanabilir. Bnish ve ark. (2008), Di Pierro ve ark. (2010), De-Sa ve Bordignon-Luiz (2010) ve Sayadi ve ark. (2013) MTG uygulanan peynirlerde pıhtıda daha fazla su tutulduğunu ve peynir veriminin arttığını bildirmiştir.

Enzim uygulama aşaması ve enzim oranları da peynirlerin kazein azotu değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.001$ ). Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerin kazein azotu değerlerinin rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlere göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Enzim oranı ile peynirlerin kazein azotu arasında yine aynı nedenlerden dolayı negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Enzim oranındaki artışla birlikte peynirlerin protein matriksindeki çapraz bağların sayısının arttığı ve kitlede daha çok serum proteini ve su tutulmuş olduğu dşnlmektedir.

Depolama süresi boyunca örneklerin kazein azotu oranlarında azalma olduğu grlmştir. Kazein azotunun olgunlaşma süresince azalması  $\alpha$ - ve  $\beta$ -kazeinin hidrolize olması, peptidlere ve aminoasitlere parçalanmasından kaynaklanmaktadır. Hayaloğlu (2003), Beyaz peynirlerde kazein azotunun olgunlaşma süresince azaldığını bildirmiştir. Yapılan istatistiksel analizler depolama süresinin peynirlerin kazein azotu değerleri üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ( $p<0.01$ ).

#### 4.5.6. Proteoz-pepton azotu (PPN) oranları

Peynirlerin proteoz-pepton azotu (PPN) değerlerinde 90 günlük depolama süresince görülen değişimler izelge 4.20. ve Şekil 4.17.'de verilmiştir. Peynirlerin proteoz-pepton azotu içerikleri % 0.08 ile % 0.17 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.20. Beyaz peynirlerin proteoz-pepton azotu (PPN) oranları (%) (n=3)

Örnek	1. GÜN	15. GÜN	30. GÜN	60. GÜN	90. GÜN
A	0.10±0.012 <sup>A2</sup>	0.11±0.01 <sup>A2</sup>	0.10±0.02 <sup>B2</sup>	0.16±0.03 <sup>A1</sup>	0.17±0.04 <sup>A1</sup>
B	0.11±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.10±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.11±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.15±0.02 <sup>A1aα</sup>	0.14±0.03 <sup>B1aα</sup>
C	0.09±0.02 <sup>A3aα</sup>	0.10±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.12±0.02 <sup>A2aα</sup>	0.15±0.02 <sup>A1aα</sup>	0.16±0.01 <sup>A1aα</sup>
D	0.10±0.03 <sup>A2aα</sup>	0.09±0.03 <sup>A2aα</sup>	0.12±0.02 <sup>A1aα</sup>	0.13±0.02 <sup>B1aα</sup>	0.13±0.03 <sup>B1aβ</sup>
E	0.11±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.11±0.02 <sup>A2aα</sup>	0.12±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.15±0.02 <sup>A1aα</sup>	0.15±0.02 <sup>A1aα</sup>
F	0.10±0.02 <sup>A2aα</sup>	0.11±0.03 <sup>A2aα</sup>	0.13±0.02 <sup>A1aα</sup>	0.14±0.02 <sup>A1aα</sup>	0.15±0.04 <sup>A1aα</sup>
G	0.10±0.03 <sup>A2aα</sup>	0.10±0.03 <sup>A2aα</sup>	0.12±0.01 <sup>A1aα</sup>	0.14±0.01 <sup>A1aα</sup>	0.14±0.00 <sup>B1aα</sup>
H	0.08±0.02 <sup>B2</sup>	0.09±0.02 <sup>A2</sup>	0.12±0.01 <sup>A1</sup>	0.12±0.01 <sup>B1</sup>	0.10±0.01 <sup>C1</sup>

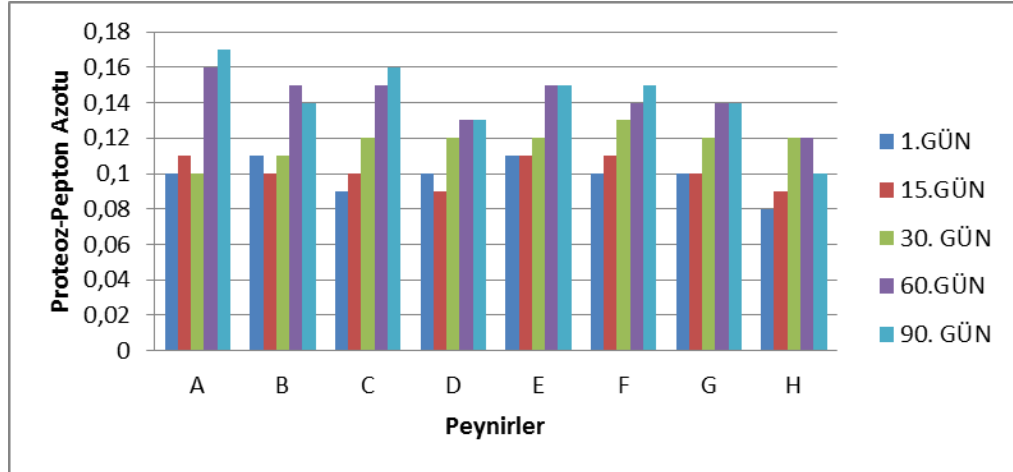
<sup>A,B,C</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.

<sup>1,2,3</sup>: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.

<sup>α,β,γ</sup>: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.





Şekil 4.17. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan proteoz-pepton azotu (PPN) oranları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pihtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pihtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pihtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

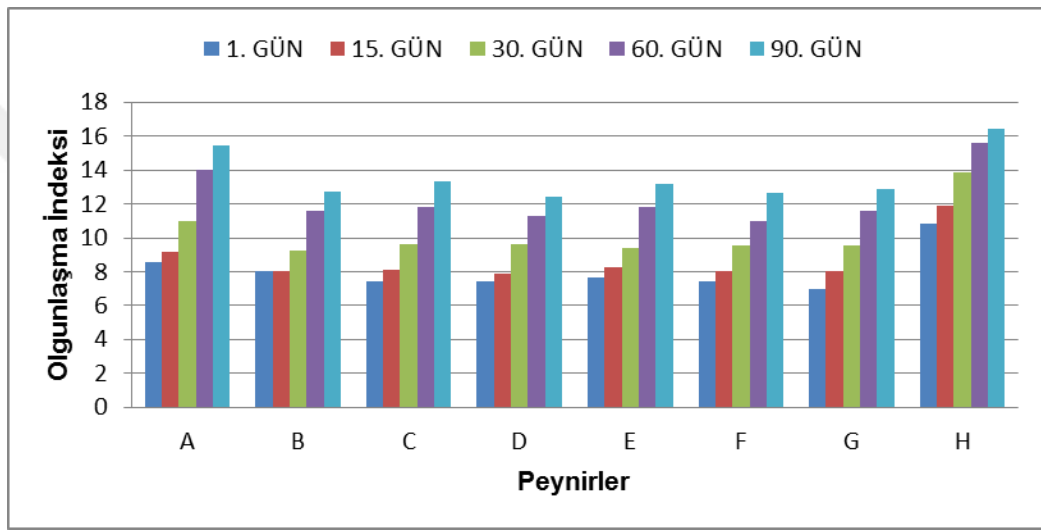
Yapılan istatistiksel analizlerde enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranlarının peynirlerin proteoz-pepton azotu değerlerini etkilemediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolama süresi boyunca örneklerin proteoz-pepton azotu oranlarında düzensiz değişimler olduğu saptanmış, fakat bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Tüm peynirlerin proteoz-pepton azotu içeriklerinin depolama süresince artış gösterdiği (15. günde D örneği ve 90. günde H örneği hariç) belirlenmiştir.

#### 4.5.7. Beyaz peynirlerin olgunlaşma indeksi (RI) değerleri

Olgunlaşma indeksi, peynir teknolojisinde olgunlaşmanın izlenmesinde en yaygın olarak kullanılan parametrelerden bir tanesidir. Suda çözünen azotun (SÇA) toplam azota (TN) oranı olarak ifade edilen olgunlaşma indeksinden peynirlerin olgunluk derecelerine göre sınıflandırılmasında yararlanılmaktadır. TS 591 Beyaz Peynir standardında salamura Beyaz peynirlerin sahip olması gereken olgunlaşma indeksi hakkında bağlayıcı bir hüküm bulunmamaktadır. Literatür araştırmalarında, ülkemizde tüketime sunulan Beyaz peynirlerde olgunlaşma indeksi değerlerinin çok

geniş sınırlar içerisinde değiştiği görölmektedir (Akgün, 1995; Çağlar ve ark., 1996; Özdemir, 1998; Yılmaztekin, 2001; Yetişmeyen ve Yıldız, 2001).

Peynirlerin olgunlaşma indekslerinin % 6.97 ile % 16.44 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.21. ve Şekil 4.18.). Olgunlaşma katsayısı %33-60 arasında olan peynirler “tam olgun”, %33’ün altında olanlar ise “az olgun” peynirler olarak sınıflandırılmaktadır (Kurt, 1984). Buna göre deneme peynirlerimizin tamamı az olgun peynir sınıfına girmektedir.



Şekil 4.18. Beyaz peynirlerde depolama süresince saptanan olgunlaşma indeksi (RI) değerleri

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pihtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pihtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pihtı kesiminden sonra 1,00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Çizelge 4.21. Beyaz peynirlerin depolama süresince saptanan olgunlaşma indeksi (RI) değerleri

Örnek	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN
A	8.53±0.298 <sup>B4</sup>	9.19±0.52 <sup>B4</sup>	10.97±1.01 <sup>B3</sup>	14.02±1.07 <sup>B2</sup>	15.46±1.40 <sup>B1</sup>
B	8.01±0.39 <sup>B4aα</sup>	8.05±0.31 <sup>C4aα</sup>	9.25±0.13 <sup>C3aα</sup>	11.57±0.76 <sup>C2aα</sup>	12.73±0.54 <sup>C1aα</sup>
C	7.46±0.72 <sup>C4aα</sup>	8.13±0.72 <sup>C4aα</sup>	9.59±0.56 <sup>C3aα</sup>	11.82±0.74 <sup>C2aα</sup>	13.34±0.42 <sup>C1aα</sup>
D	7.45±0.92 <sup>C4aα</sup>	7.89±1.04 <sup>C4aα</sup>	9.64±0.79 <sup>C3aα</sup>	11.25±0.66 <sup>C2aα</sup>	12.42±1.14 <sup>D1aβ</sup>
E	7.62±0.80 <sup>C4aα</sup>	8.25±0.81 <sup>C4aα</sup>	9.39±0.84 <sup>C3aα</sup>	11.83±0.81 <sup>C2aα</sup>	13.17±0.80 <sup>C1aα</sup>
F	7.40±0.78 <sup>C4aα</sup>	8.05±0.92 <sup>C4aα</sup>	9.55±0.69 <sup>C3aα</sup>	10.98±0.54 <sup>C2bα</sup>	12.65±1.44 <sup>C1bα</sup>
G	6.97±0.89 <sup>C5aα</sup>	8.03±0.79 <sup>C4aα</sup>	9.53±0.53 <sup>C3aα</sup>	11.62±0.28 <sup>C2aα</sup>	12.89±0.30 <sup>C1aα</sup>
H	10.86±0.84 <sup>A5</sup>	11.92±0.73 <sup>A4</sup>	13.84±0.56 <sup>A3</sup>	15.57±0.29 <sup>A2</sup>	16.44±0.49 <sup>A1</sup>

<sup>A,B,C</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

<sup>1,2,3,4,5</sup>: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p>0.05 düzeyinde farklıdır.

<sup>α,β,γ</sup>: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

Enzim uygulaması peynirlerin olgunlaşma indeksi değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0.01$ ). En yüksek olgunlaşma indeksine yağlı kontrol peyniri (H) sahip olurken, en düşük olgunlaşma indeksine ise pıhtı kesiminden sonra en yüksek oranda MTG ilave edilen peynir (G) sahip olmuştur. Yağlı kontrol peynirinde kurumaddenin yarıya yakın kısmı yağdan oluştuğu için, toplam azot değerlerinin diğer peynirlere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla olgunlaşma indeksi de diğer peynirlerden yüksek bulunmuştur. Enzim uygulanan peynirlerde ise hem toplam azot, hem de suda çözünen azot oranları daha düşük olduğundan olgunlaşma indeksleri de daha düşük çıkmıştır.

Enzim uygulama aşamasının ve enzim oranlarının peynirlerin olgunlaşma indeksi değerlerini önemli düzeyde etkilemediği belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Rennet ile birlikte MTG ilave edilen örneklerin (B, C ve D), olgunlaşma indeksi değerleri pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen örneklerden (E, F ve G) yüksek olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Yine uygulanan enzim oranı arttıkça peynirlerin olgunlaşma indeksinin azaldığı görülmüş, ancak bu azalmalar da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

Depolama süresi boyunca örneklerin olgunlaşma indeksi oranlarında artış olduğu görülmüş ve depolama süresinin peynirlerin olgunlaşma indeksine etkisi istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Olgunlaşma dönemi sonunda peynirlerde saptanan olgunlaşma indekslerinin Şener (2012)'in MTG uygulanan peynirlerde bulunduğu değerlerden düşük olduğu görülmüştür.

#### 4.5.8. Elektroforetik özellikler

Peynirlerin elektroforetik özelliklerinde depolama süresince meydana gelen değişiklikler Şekil 4.19. ve Şekil 4.20.'de verilmiştir.

Kazeinin proteolizi süte rennet ilavesi ile başlamakta, rennet  $\alpha_{s1}$ -kazeinin hidrolizinde önemli bir rol oynamakta ve bu fraksiyonu  $\alpha_{s1}$ -I peptidine parçalamaktadır. Diğer önemli kazein ise  $\beta$  kazeindir.  $\beta$  kazeinin hidrolizinde plasmin önemli bir etkiye sahiptir (Atasoy ve Akın, 1999). Genel olarak tüm örneklerde  $\beta$ -CN degradasyonu çok sınırlı gerçekleşmiştir. Bu sonuç, peynirde

plazmin aktivitesinin çok sınırlı olduğunu göstermektedir. Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranına bağlı olarak  $\beta$ -CN degradasyonunda belirgin değişikliklerin olmadığı gözlenmiştir. Bu durum salamura Beyaz peynirlerde yüksek tuz ve düşük pH koşulları ile ilişkilendirilmektedir (Moatsou ve ark., 2002; Kırmacı ve ark., 2011).  $\beta$ -CN'in hidrolizasyona karşı direnci salamura peynirler dışındaki peynirler için de rapor edilmiştir (Sarantinopoulous ve ark., 2002). Depolama süresince peynir olgunlaşmasına bağlı olarak  $\beta$ -CN degradasyonun çok az arttığı görülmektedir.

Kazeinlerin başlangıçtaki degradasyonundan birinci derecede pıhtılaştırıcı enzimler sorumlu iken  $\alpha_{s1}$ -CN'den türeyen düşük molekül ağırlıklı parçalanma ürünlerinin [(f102-109) ve (f24-199)] oluşumu ağırlıklı olarak starter kültür aktivitesinin bir sonucudur (Kırmacı ve ark., 2011; Hayaloğlu ve ark., 2004). Enzim uygulanan peynirlerdeki  $\alpha_{s1}$ -CN degradasyonunun kontrol peynirlerine göre biraz daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yine elektroforetogramlardan izlenebileceği gibi pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerdeki  $\alpha_{s1}$ -CN degradasyonu, rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerden biraz daha düşük çıkmıştır.

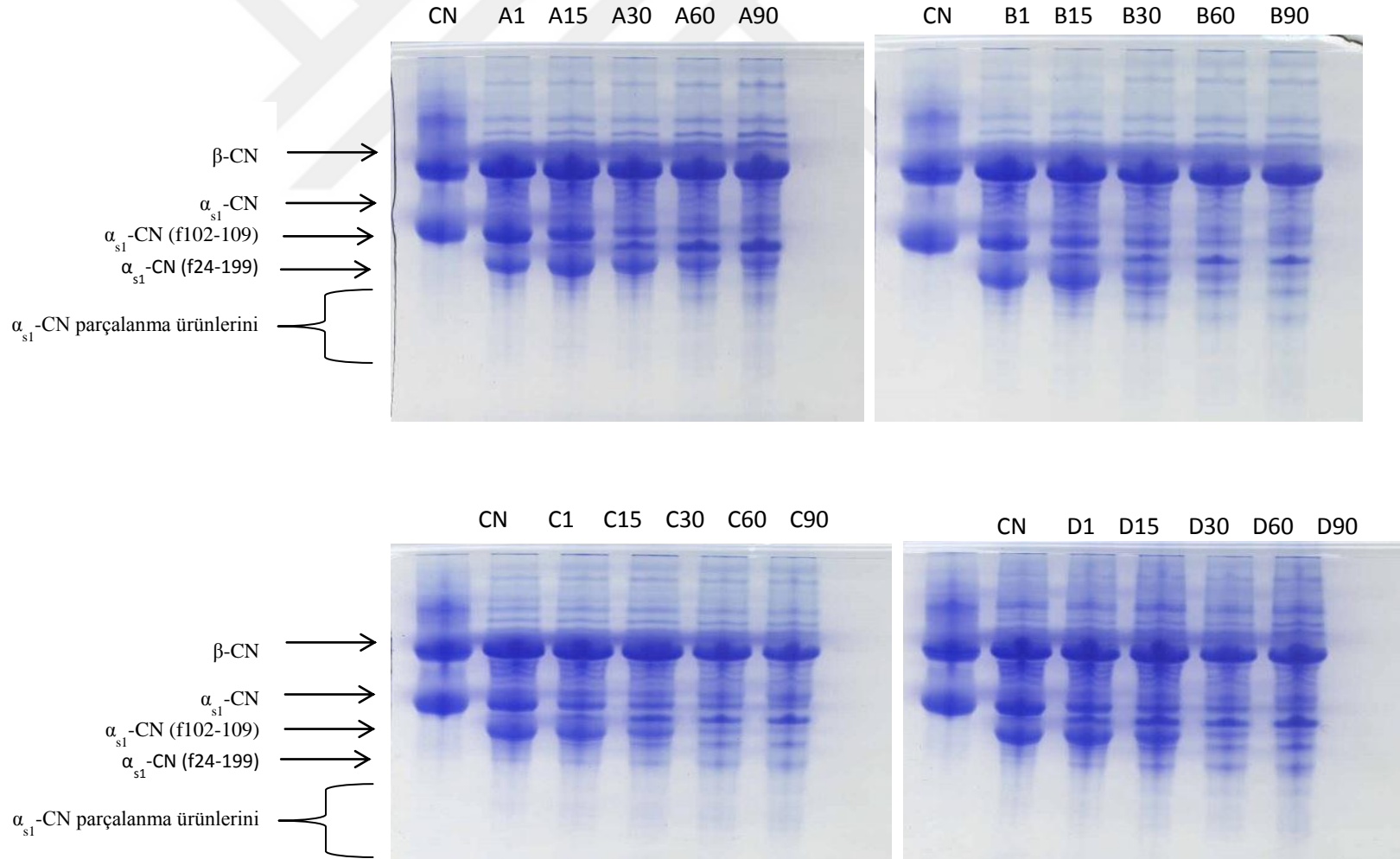
Peynirlere ilave edilen enzim oranı arttıkça  $\alpha_{s1}$ -CN degradasyonunun düşük oranda da olsa azaldığı elektroforetogramlardan izlenebilmektedir. Elde edilen bulguların peynirlerin azot fraksiyonlarında saptanan değerlerle uyum içinde olduğu görülmektedir.

MTG ilavesi ile birlikte peynirlerin protein matriksindeki çapraz bağların sayısının arttığı ve proteolizin azaldığı elektroforetik olarak da belirlenmiştir. Özer ve ark. (2007) MTG'nin yoğurt starter bakterilerinin gelişimleri üzerinde olumsuz etkilerinin bulunmadığını, Şener (2012) de MTG'nin strater bakteri kökenli aminopeptidaz ve/veya peptidaz aktivitesi üzerinde belirgin bir olumsuz etkisinin olmadığını bildirmektedir. Bizim bulgularımız da bu görüşleri destekler niteliktedir.

Depolama süresi boyunca peynirlerin  $\alpha_{s1}$ -CN degradasyonunda artış olduğu belirlenmiştir. Lane ve ark. (1997), Cheddar peynirinde  $\alpha_{s1}$ -kazeinin bir kısmının olgunlaşmanın ilk aşamasında parçalandığını ve kalan kısmının da 60 gün boyunca

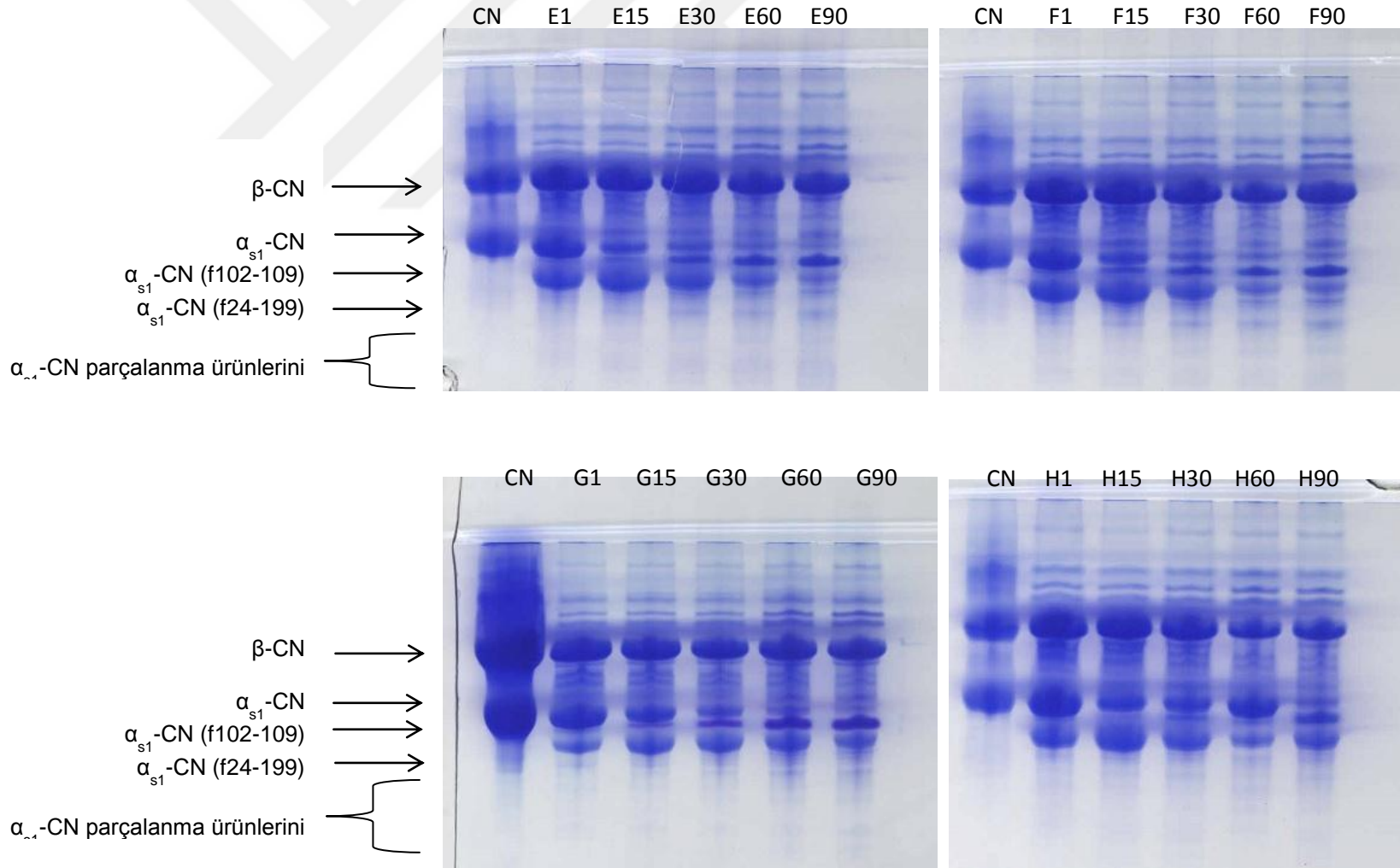
mevcut olduğunu bildirdikleri çalışmada 25 hafta boyunca suda çözünen azot oranı ve serbest amino asit oranının arttığını bildirmişlerdir.

$\alpha_{s1}$ -CN'in parçalanması sonucunda düşük molekül ağırlıklı parçalanma ürünlerinin [(f102-109) ve (f24-199)] açığa çıktığı saptanmıştır. Enzim uygulanmayan kontrol peynirlerde  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünlerinin enzim uygulanan peynirlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerde de  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünleri, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlere göre çok az daha yüksek olduğu görülmektedir. Enzim oranının artması peynirlerdeki  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünlerinin miktarında belirgin bir fark yaratmamıştır. Depolama süresine bağlı olarak  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünlerinin miktarının arttığı saptanmıştır.



Şekil 4.19. Beyaz peynirlerin pH-4.6'da çözünmeyen protein fraksiyonlarının üre-PAGE elektroforetogramları.

\***A:** yağı azaltılmış kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek **CN:** sodyum kazeinat



Şekil 4.20. Beyaz peynirlerin pH-4.6'da çözünmeyen protein fraksiyonlarının üre-PAGE elektroforetogramları.

\***E**: Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F**: Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli **G**: Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek **H**: Tam yağlı kontrol örneği **CN**: sodyum kazeinat



#### 4.5.9. Peptid profili değişimi

Ters-faz yüksek performans sıvı kromatografisi (RP-HPLC), olgunlaşma esnasında proteolitik değişimlerin özellikle de hidrofobik ve hidrofilik peptid ayrışmasının belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Agboola ve ark., 2004). Peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının farklı moleköl ağırlığındaki peptid dizilimi RP-HPLC kromatogramlarında belirlenebilmektedir (McSweeney ve Fox, 1997). Peynirde olgunlaşma sürecinde açığa çıkan peptidlerin RP-HPLC ile ayırma tekniğinde ayırma mekanizması, çözülmüş peptidlerin polar hareketli faz ile hidrofobik sabit faz arasındaki dağılımına dayanır. Bu teknikte polar (hidrofilik) peptidler kolonu ilk önce, düşük polariteye sahip (hidrofobik) peptidler ise kolonu en son terkeder (Hayoğlu ve ark., 2011)

Deneme peynirlerinin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının RP-HPLC peptid profilleri olgunlaşmanın 1., 15., 30., 60. ve 90. günlerinde belirlenmiştir (Şekil 4. 21-22-23-24-25.). İlk 17-26.5 dakikaya kadar gelen pikler hidrofilik, 26.5-48 dakikalar arasında gelen pikler hem hidrofilik hem hidrofobik, 49. dakikadan sonra gelen pikler hidrofobik karakterdeki peptidlere aittir.

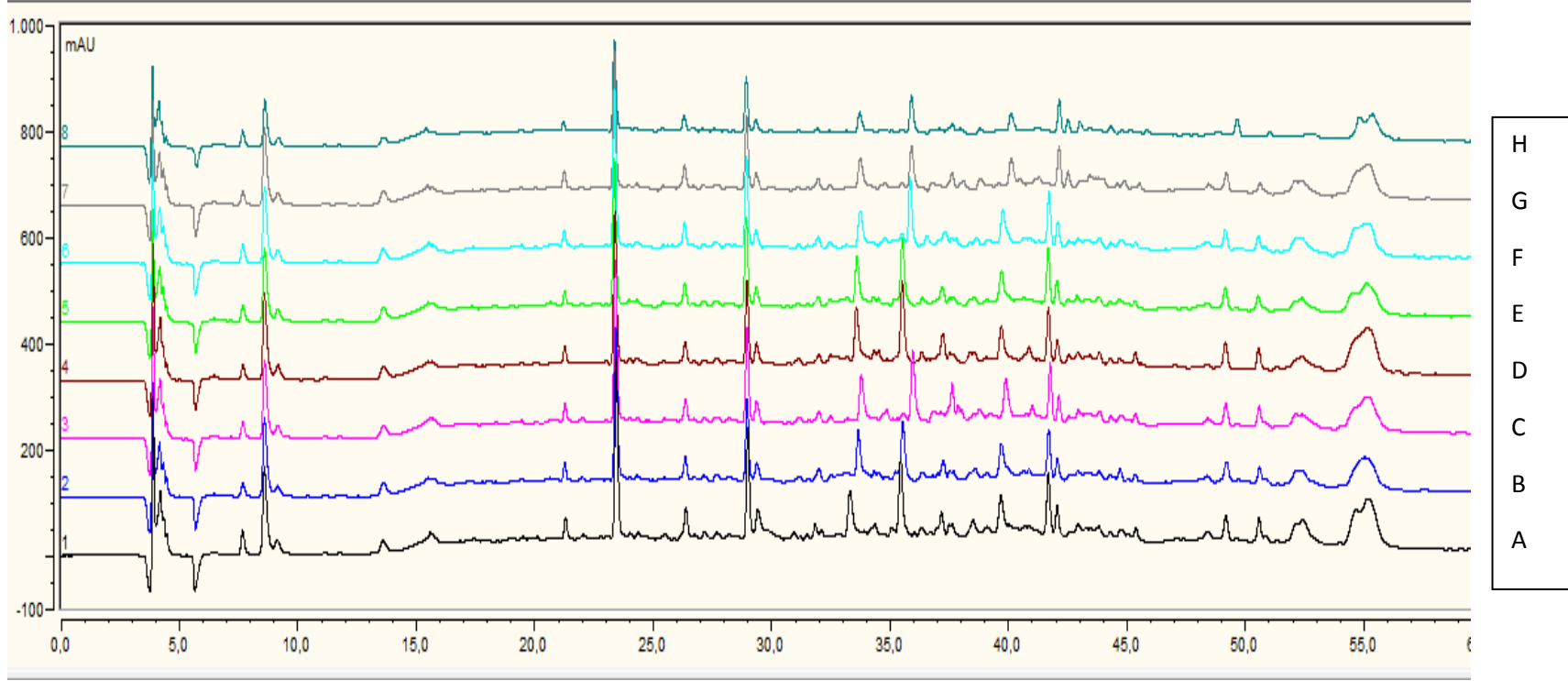
Kromatogramlara göre yağlı kontrol peynirinin verdiği piklerin diğer peynirlerden biraz daha farklı olduğu görölmektedir. H örneğinde oluşan piklerin yoğunluğunun diğer peynirlere göre daha düşük olduğu görölmektedir. Bu durumun peynirlerin yağ ve protein içeriği ile ilişkili olduğu düşünölmektedir. Yağı azaltılmış peynirlerin protein içeriği, yağlı kontrol peynirinden daha yüksek olduğundan bu peynirlerin peptid içeriğinin de daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Enzim uygulaması peynirlerin peptid profilinde çok az değişime neden olmuştur. Enzim uygulanan peynirlerdeki pikler genel olarak yağlı azaltılmış peynir örneğine benzerlik gösterse de, pik yoğunluğunun biraz daha düşük olduğu görölmektedir. Bu durumun da örneklerin kurumadde ve protein içerikleri ile ilişkili olabileceği düşünölmektedir.

Rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerin oluşturduğu piklerin, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlere göre biraz daha yoğun olduğu belirlenmiştir (15. Gün F örneği hariç). Bu sonuç, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde protein matriksinde daha fazla çapraz bağ oluşumuna bağlı

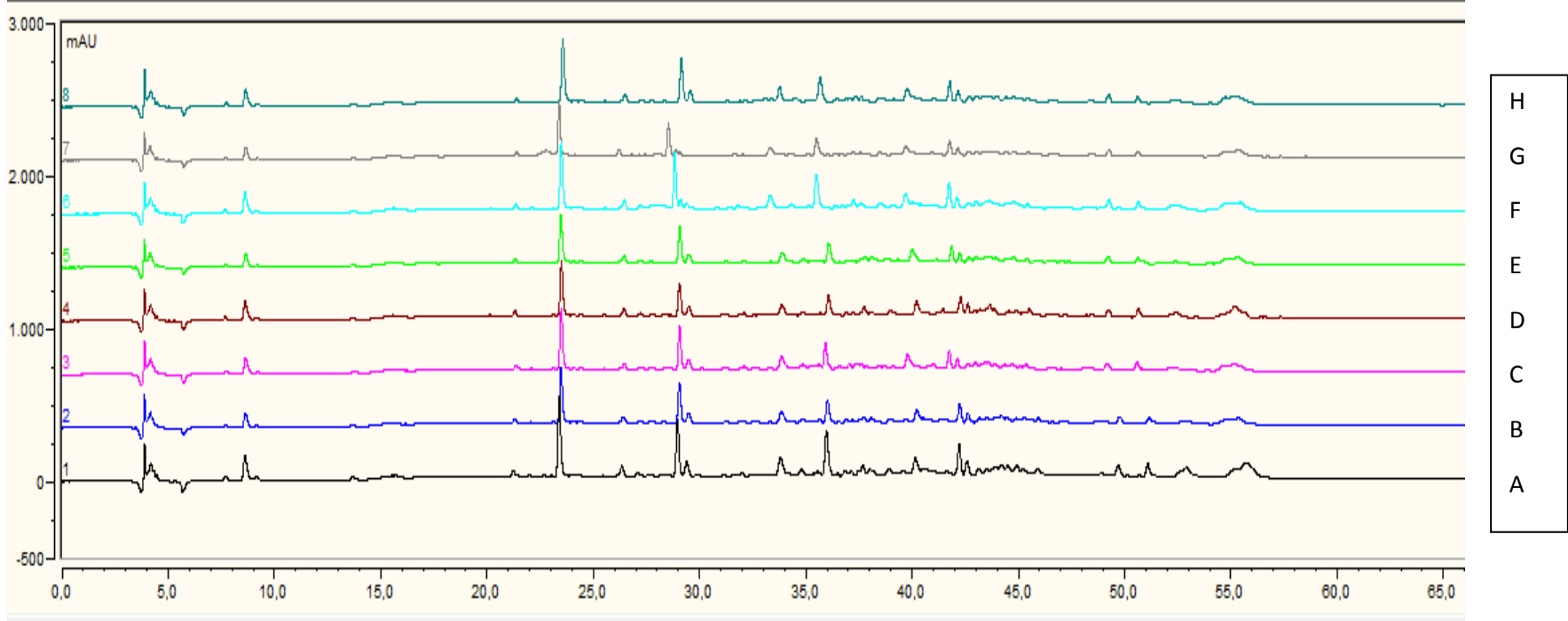
olarak, starter kùltürlerin MTG tarafından modifiye edilen protein matriksine penetre olup proteolizi gerçekleştirmesinin gùleřmesine bağlanabilir. şener (2012) de MTG uygulanan peynirlerde benzer bulgulara ulaşmıştır.

Benzer şekilde enzim oranındaki artışa bağlı olarak, peynirlerin protein matriksindeki çapraz bağların artması sonucunda proteolizin daha dùřük düzeyde gerçekleşmesi nedeniyle yùksek oranda MTG uygulanan peynirlerin oluşturduğu piklerin yoğunluğunun daha dùřük olduğu gùrùlmektedir.

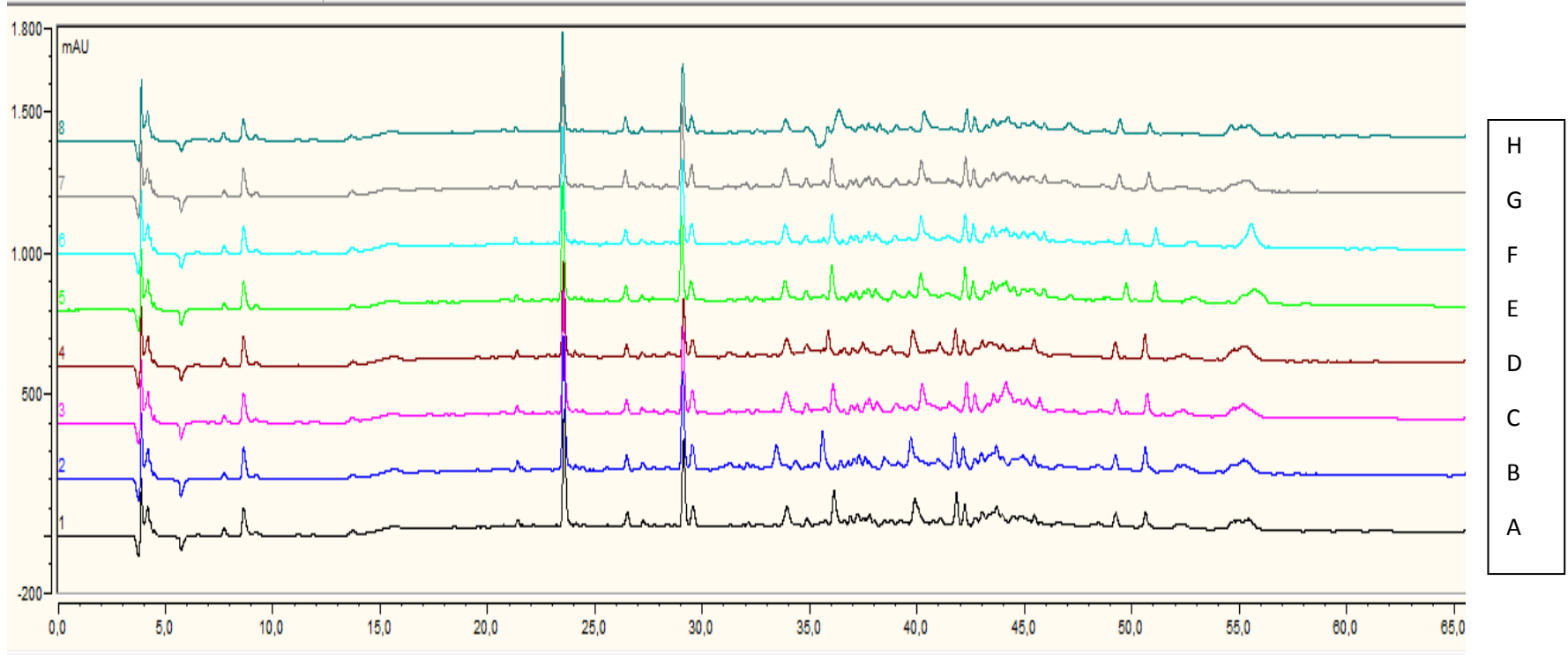
Depolama sùreci boyunca tùm peynirlerde hidrofilik peptidleri temsil eden piklerin yoğunluğunda ilk 15 gùn azalma ve daha sonraki sùrete çok az artma gùrùlmùř, hidrofobik peptidleri temsil eden piklerin yoğunluğunda ise peynirlerin proteolizine bağlı olarak artma meydana gelmiştir. Genel olarak bakıldığında MTG uygulaması ile peynirlerde peptid oluşumunun yavaşladığı tespit edilmiştir.



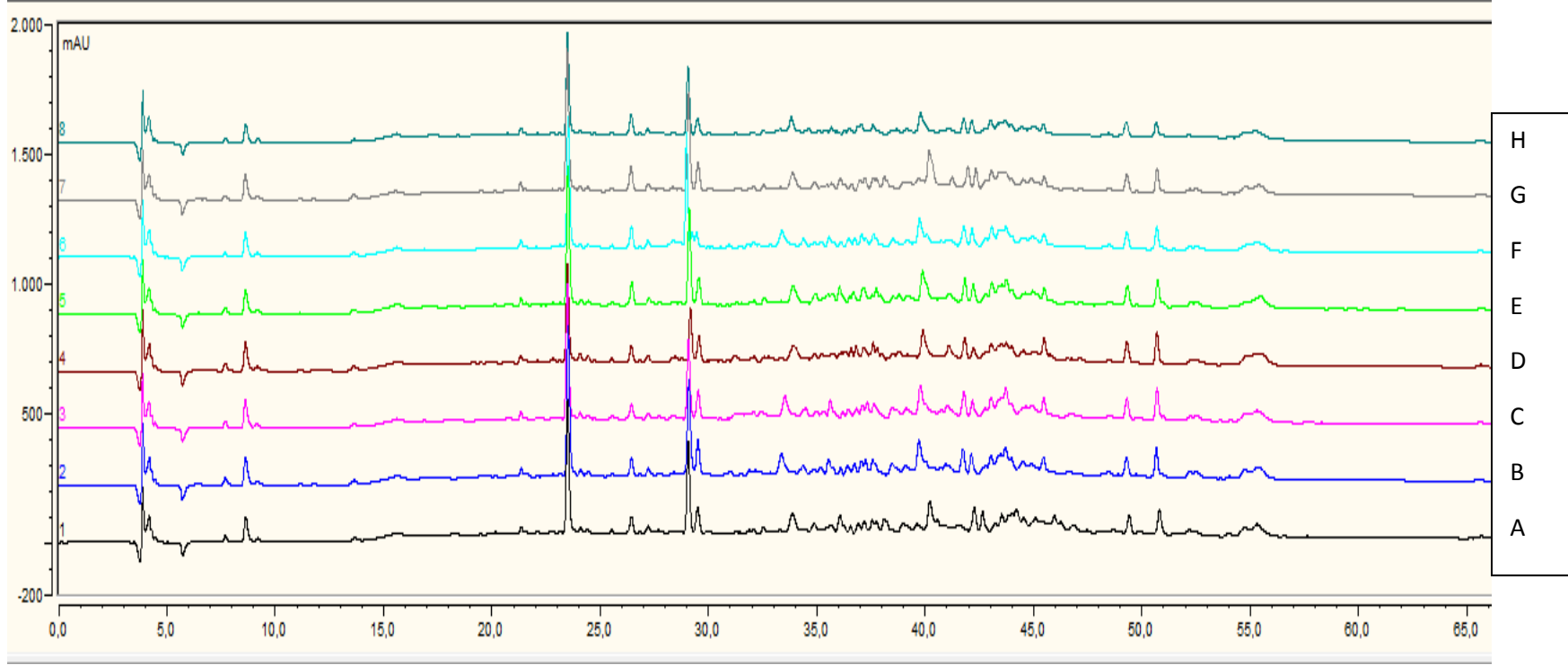
Şekil 4.21. Beyaz peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 1. gün RP-HPLC peptid profilleri



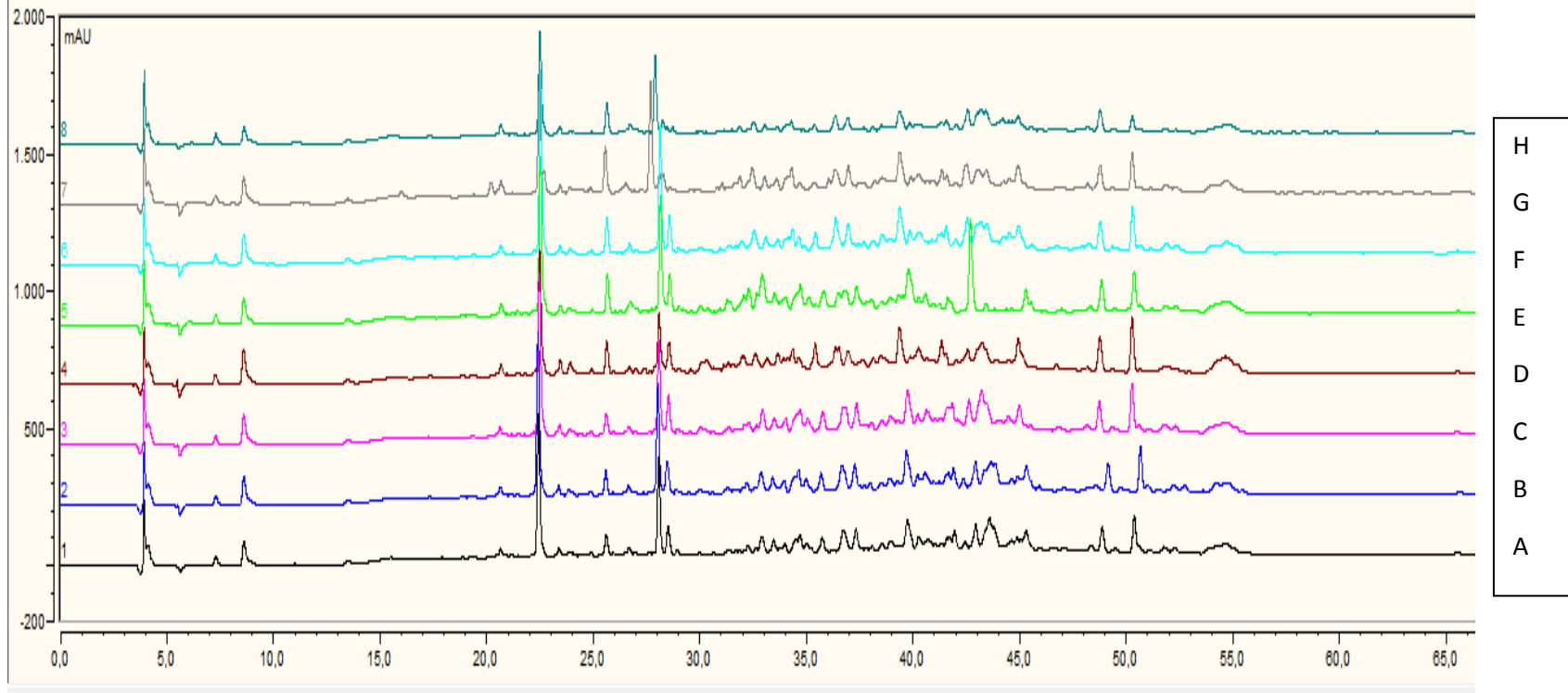
Şekil 4.22. Beyaz peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 15. gün RP-HPLC peptid profilleri



Şekil 4.23. Beyaz peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 30. gün RP-HPLC peptid profilleri



Şekil 4.24. Beyaz peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 60. gün RP-HPLC peptid profilleri



Şekil 4.25. Beyaz peynirlerin pH 4.6'da çözünen fraksiyonlarının 90. gün RP-HPLC peptid profilleri

#### 4.6. Tekstürel Özellikler

Peynirde tekstürel/reolojik ölçümler; üretim parametrelerinin standardizasyonu, peynir kalitesinin belirlenmesi, mikroyapının daha iyi anlaşılabilmesi ve olgunlaşma sırasında meydana gelen değişimlerin izlenebilmesi bakımından son derece büyük bir öneme sahiptir (Solorza, 1996; Zoon, 1991). Peynirin reolojik/tekstürel özelliklerinin ölçümünde kullanılmak üzere birçok metod ve alet geliştirilmiştir. Bu analiz teknikleri temel olarak iki bölüme ayrılabilir (Zoon, 1991). Bunlar;

**I)** İnsanın gıdayı tüketimi sırasında gerçekleştirdiği davranışları (çiğneme, koparma, ezme gibi) taklit eden aletler (Friedman ve ark., 1963; Szczesniak, 1963; Brennan ve ark., 1970),

**II)** Temel reolojik parametreleri esas alan aletler (Carter ve Sherman, 1978).

Bu çalışma kapsamında insan davranışlarını taklit eden Texture Profile Analysing (TPA) metodu kullanılmış ve MTG uygulamasının sertlik (hardness), elastiklik (springiness), dış yapışkanlık (adhesiveness), iç yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness), sakızımsılık (gumminess) üzerindeki etkileri belirlenmiştir (Çizelge 4.22. ve 4.23.).



Çizelge 4.22. Beyaz peynirlerin 90 günlük depolama süresince saptanan sertlik, dış yapışkanlık ve elastiklik değerleri

ÖRNEK	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN	
Sertlik (g) (Hardness)	A	2438.41±211.691 <sup>A2</sup>	2696.90±260.50 <sup>A1</sup>	2177.62±168.73 <sup>A3</sup>	1803.65±21.62 <sup>A4</sup>	1107.62±59.92 <sup>A5</sup>
	B	2138.00±38.76 <sup>B2aα</sup>	2411.81±46.54 <sup>B1aα</sup>	2086.85±174.22 <sup>A2aα</sup>	1437.68±181.68 <sup>B3aα</sup>	964.33±93.69 <sup>B4aα</sup>
	C	2102.05±61.14 <sup>B2aα</sup>	2230.26±56.32 <sup>C1aβ</sup>	1835.73±94.38 <sup>B3aβ</sup>	1477.98±86.66 <sup>B4aα</sup>	885.01±60.31 <sup>B5aβ</sup>
	D	2076.71±44.46 <sup>B2aα</sup>	2166.44±42.29 <sup>C1aγ</sup>	1749.50±54.27 <sup>B3aγ</sup>	1430.12±58.09 <sup>B4aα</sup>	893.89±54.02 <sup>B5aβ</sup>
	E	2039.17±22.57 <sup>B2bα</sup>	2184.35±8.19 <sup>C1bα</sup>	1807.84±65.88 <sup>B3bα</sup>	1159.86±78.82 <sup>C4bα</sup>	885.66±68.61 <sup>B5bα</sup>
	F	1953.60±101.91 <sup>C2bβ</sup>	2055.40±36.91 <sup>D1bβ</sup>	1733.44±57.27 <sup>B3bβ</sup>	1080.01±30.85 <sup>C4bβ</sup>	729.03±44.50 <sup>C5bβ</sup>
	G	1941.80±92.98 <sup>C2bβ</sup>	2076.29±8.27 <sup>D1bβ</sup>	1711.14±6.76 <sup>C3aβ</sup>	1021.73±38.79 <sup>D4bβ</sup>	751.48±65.17 <sup>C5bβ</sup>
	H	1005.39±40.62 <sup>D2</sup>	1273.57±64.32 <sup>E1</sup>	776.14±49.17 <sup>D3</sup>	585.77±52.34 <sup>E4</sup>	395.15±75.85 <sup>D5</sup>
Dış yapışkanlık (J) (Adhesiveness)	A	-27.69±1.636 <sup>A3</sup>	-31.96±1.09 <sup>A4</sup>	-35.28±0.74 <sup>A5</sup>	-22.40±0.97 <sup>A2</sup>	-17.24±2.25 <sup>A1</sup>
	B	-28.59±0.75 <sup>A3aα</sup>	-36.63±0.82 <sup>C4aα</sup>	-37.99±0.60 <sup>B5aα</sup>	-27.19±1.43 <sup>D2bβ</sup>	-22.93±0.68 <sup>C1aα</sup>
	C	-28.95±0.59 <sup>B3aα</sup>	-37.02±0.41 <sup>C4aα</sup>	-39.29±0.59 <sup>C5aβ</sup>	-26.10±0.85 <sup>C2aα</sup>	-24.26±0.64 <sup>D1aβ</sup>
	D	-29.64±0.29 <sup>C3aβ</sup>	-39.82±0.88 <sup>D4aβ</sup>	-41.76±0.74 <sup>D5aγ</sup>	-26.08±0.41 <sup>C2aα</sup>	-24.28±0.33 <sup>D1aβ</sup>
	E	-29.48±0.74 <sup>C3aα</sup>	-37.08±1.28 <sup>C4bα</sup>	-39.11±0.53 <sup>C5bα</sup>	-26.49±0.70 <sup>C2aα</sup>	-24.05±1.08 <sup>D1bα</sup>
	F	-30.39±1.16 <sup>C3bβ</sup>	-39.01±0.81 <sup>D4bβ</sup>	-41.74±0.60 <sup>D5bβ</sup>	-29.39±0.83 <sup>E2bβ</sup>	-27.40±0.76 <sup>E1bβ</sup>
	G	-31.07±0.97 <sup>D2bβ</sup>	-39.75±0.49 <sup>D3aβ</sup>	-41.55±0.59 <sup>D4aβ</sup>	-30.33±1.12 <sup>E2bγ</sup>	-27.82±0.34 <sup>E1bβ</sup>
	H	-28.36±0.39 <sup>B3</sup>	-35.17±0.76 <sup>B4</sup>	-37.88±0.41 <sup>B5</sup>	-24.97±1.05 <sup>B2</sup>	-18.77±1.78 <sup>B1</sup>
Elastiklik (g) (Springiness)	A	0.95±0.018 <sup>A1</sup>	0.93±0.01 <sup>A2</sup>	0.91±0.00 <sup>A3</sup>	0.90±0.00 <sup>A4</sup>	0.88±0.01 <sup>A5</sup>
	B	0.91±0.01 <sup>B1aα</sup>	0.91±0.01 <sup>B1aα</sup>	0.89±0.01 <sup>B2aα</sup>	0.88±0.01 <sup>B3aα</sup>	0.85±0.02 <sup>B4aα</sup>
	C	0.90±0.01 <sup>C1aβ</sup>	0.87±0.02 <sup>E2bγ</sup>	0.86±0.01 <sup>E3bβ</sup>	0.85±0.01 <sup>D4aβ</sup>	0.83±0.01 <sup>D5bβ</sup>
	D	0.89±0.00 <sup>D1aγ</sup>	0.88±0.01 <sup>D2aβ</sup>	0.86±0.00 <sup>E3aβ</sup>	0.84±0.01 <sup>E4bγ</sup>	0.83±0.00 <sup>D5bβ</sup>
	E	0.90±0.01 <sup>C1bα</sup>	0.89±0.01 <sup>C2bα</sup>	0.88±0.01 <sup>E3bα</sup>	0.86±0.01 <sup>C4bα</sup>	0.84±0.01 <sup>C5bα</sup>
	F	0.89±0.00 <sup>D1bβ</sup>	0.88±0.00 <sup>D2aβ</sup>	0.87±0.00 <sup>D3aβ</sup>	0.85±0.00 <sup>D4aβ</sup>	0.84±0.00 <sup>C5aα</sup>
	G	0.89±0.00 <sup>D1aβ</sup>	0.87±0.01 <sup>E2bγ</sup>	0.86±0.00 <sup>E3aγ</sup>	0.85±0.00 <sup>D4aβ</sup>	0.84±0.01 <sup>C5aα</sup>
	H	0.88±0.00 <sup>E1</sup>	0.86±0.01 <sup>F2</sup>	0.86±0.01 <sup>E2</sup>	0.84±0.01 <sup>E3</sup>	0.82±0.00 <sup>E4</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.01 (elastiklik için p>0.05) düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

Çizelge 4.23. Beyaz peynirlerin 90 günlük depolama süresince saptanan iç yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri

ÖRNEK	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN	
İç yapışkanlık ( $A_2/A_1$ ) (Cohesiveness)	A	0.62±0.01 <sup>F1</sup>	0.61±0.01 <sup>F2</sup>	0.58±0.01 <sup>G3</sup>	0.55±0.01 <sup>G4</sup>	0.51±0.00 <sup>F5</sup>
	B	0.68±0.02 <sup>D1bβ</sup>	0.67±0.01 <sup>D2bβ</sup>	0.65±0.01 <sup>E3bβ</sup>	0.62±0.01 <sup>E4bβ</sup>	0.58±0.00 <sup>D5bβ</sup>
	C	0.73±0.01 <sup>C1bα</sup>	0.71±0.01 <sup>C2bα</sup>	0.70±0.01 <sup>D3bα</sup>	0.67±0.01 <sup>D4bα</sup>	0.63±0.00 <sup>C5bα</sup>
	D	0.73±0.01 <sup>C1bα</sup>	0.71±0.01 <sup>C2bα</sup>	0.70±0.01 <sup>D3bα</sup>	0.67±0.01 <sup>D4bα</sup>	0.63±0.01 <sup>C5bα</sup>
	E	0.78±0.02 <sup>B1aβ</sup>	0.76±0.02 <sup>B2aβ</sup>	0.74±0.01 <sup>C3aγ</sup>	0.71±0.02 <sup>C4aγ</sup>	0.68±0.01 <sup>B5aβ</sup>
	F	0.80±0.01 <sup>A1aα</sup>	0.78±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.76±0.01 <sup>B3aβ</sup>	0.73±0.01 <sup>B4aβ</sup>	0.70±0.01 <sup>A5aα</sup>
	G	0.80±0.01 <sup>A1aα</sup>	0.78±0.01 <sup>A2aα</sup>	0.77±0.01 <sup>A3aα</sup>	0.74±0.01 <sup>A4aα</sup>	0.70±0.00 <sup>A5aα</sup>
	H	0.64±0.02 <sup>E1</sup>	0.63±0.02 <sup>E2</sup>	0.61±0.02 <sup>F3</sup>	0.58±0.02 <sup>F4</sup>	0.54±0.02 <sup>E5</sup>
Sakızimsılık (N) (Gumminess)	A	46.16±0.764 <sup>A1</sup>	25.25±0.45 <sup>A2</sup>	22.93±0.34 <sup>A3</sup>	15.83±1.24 <sup>A4</sup>	13.12±0.77 <sup>A5</sup>
	B	35.05±0.86 <sup>B1aα</sup>	19.62±0.38 <sup>B2aα</sup>	18.85±0.57 <sup>B3aα</sup>	12.54±0.97 <sup>B4aα</sup>	10.14±0.48 <sup>B5aα</sup>
	C	31.47±0.52 <sup>C1aβ</sup>	18.13±0.59 <sup>C2aβ</sup>	17.27±0.33 <sup>C3aβ</sup>	10.46±0.38 <sup>C4aβ</sup>	8.71±0.45 <sup>C5aβ</sup>
	D	30.34±0.46 <sup>D1aγ</sup>	15.79±0.48 <sup>D2aγ</sup>	13.90±0.19 <sup>D3aγ</sup>	9.67±0.27 <sup>D4aγ</sup>	7.35±0.16 <sup>D5aγ</sup>
	E	29.51±0.97 <sup>E1bα</sup>	15.03±0.75 <sup>E2bα</sup>	12.74±0.70 <sup>E3bα</sup>	7.83±0.36 <sup>E4bα</sup>	6.19±0.50 <sup>E5bα</sup>
	F	27.49±0.70 <sup>F1bβ</sup>	13.59±0.44 <sup>F2bβ</sup>	12.69±0.39 <sup>E3bα</sup>	7.80±0.12 <sup>E4bα</sup>	5.40±0.29 <sup>F5bβ</sup>
	G	23.47±0.20 <sup>G1bγ</sup>	12.20±0.23 <sup>G2bγ</sup>	10.86±0.55 <sup>F3bβ</sup>	7.10±0.10 <sup>F4bβ</sup>	3.60±0.32 <sup>G5bγ</sup>
	H	21.92±1.07 <sup>H1</sup>	11.13±0.16 <sup>H2</sup>	10.12±0.52 <sup>G3</sup>	5.78±0.38 <sup>G4</sup>	2.56±0.38 <sup>H5</sup>
Çiğnenebilirlik (J) (Chewiness)	A	48.07±1.136 <sup>A1</sup>	23.61±0.83 <sup>A2</sup>	17.65±0.91 <sup>A3</sup>	14.60±0.32 <sup>A4</sup>	13.29±0.25 <sup>A5</sup>
	B	32.03±1.41 <sup>B1aα</sup>	19.45±0.67 <sup>B2aα</sup>	15.34±0.55 <sup>B3aα</sup>	12.76±0.42 <sup>B4aα</sup>	10.37±0.24 <sup>B5aα</sup>
	C	28.61±0.63 <sup>C1aβ</sup>	17.57±0.50 <sup>C2aβ</sup>	11.74±0.68 <sup>C3aβ</sup>	10.22±0.40 <sup>C4aβ</sup>	8.61±0.26 <sup>C5aβ</sup>
	D	24.61±0.96 <sup>D1aγ</sup>	13.09±0.76 <sup>D2aγ</sup>	10.55±0.38 <sup>D3aγ</sup>	8.41±0.43 <sup>D4aγ</sup>	7.01±0.13 <sup>D5aγ</sup>
	E	22.02±0.45 <sup>E1bα</sup>	12.62±0.48 <sup>D2bα</sup>	9.17±0.06 <sup>E3bα</sup>	7.22±0.26 <sup>E4bα</sup>	6.05±0.17 <sup>E5bα</sup>
	F	18.66±0.82 <sup>F1bβ</sup>	10.32±0.48 <sup>E2bβ</sup>	7.84±0.61 <sup>F3bβ</sup>	6.32±0.21 <sup>F4bβ</sup>	4.72±0.18 <sup>F5bβ</sup>
	G	17.13±0.57 <sup>G1bγ</sup>	9.19±0.16 <sup>F2bγ</sup>	6.75±0.48 <sup>G3bγ</sup>	5.11±0.19 <sup>G4bγ</sup>	3.55±0.34 <sup>G5bγ</sup>
	H	15.16±0.39 <sup>H1</sup>	7.74±0.45 <sup>G2</sup>	5.36±0.39 <sup>H3</sup>	3.86±0.26 <sup>H4</sup>	2.53±0.37 <sup>H5</sup>

A,B,C,D,E,F,G,H: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

1,2,3,4,5: Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

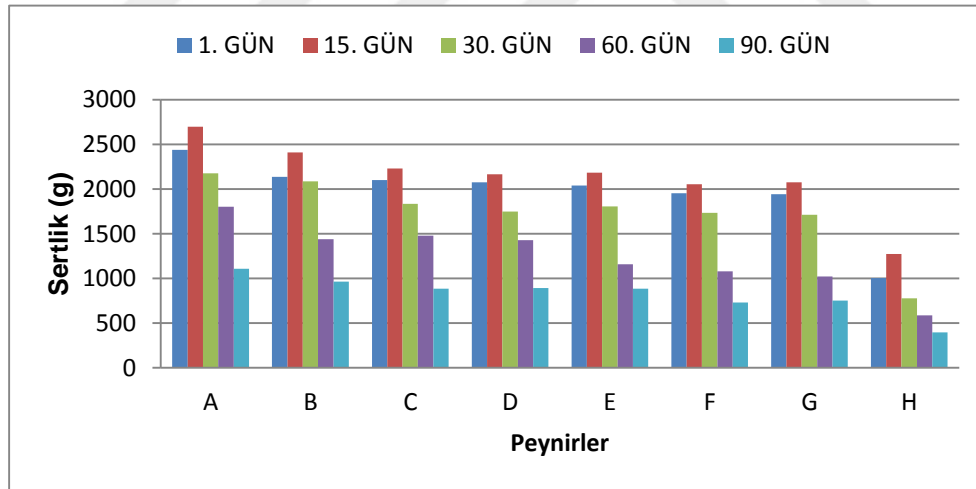
a,b: Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

α,β,γ: Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden p<0.001 düzeyinde farklıdır.

#### 4.6.1. Sertlik (Hardness)

Sertlik (Hardness), peynir reolojisinde, ürünün deformasyona karşı göstermiş olduğu direnç olarak ifade edilmektedir (Van Vliet, 1991).

Beyaz peynirlere ait sertlik değerlerinin depolama sürecindeki değişimi Şekil 4.26.'da sunulmuştur. En düşük sertlik değerine tam yağlı kontrol peyniri (H) sahip olurken, en yüksek sertlik değerine yağı azaltılmış kontrol peynirinin (A) sahip olduğu belirlenmiştir. Peynirlerde tekstür gelişmesi, olgunlaşma sırasında  $\alpha_{s1}$ -kazeinin yıkıma uğraması sonucu oluşmaktadır. Bilindiği gibi süt yağı kazein matriksi içine dağılmıştır ve bu nedenle tam yağlı peynirlere bu yolla yumuşaklık sağlamaktadır. Yağ uzaklaştırıldığında düşük yağlı peynirlerde tekstür gelişimi üzerine tek başına kazeinin etkisi artmaktadır. Düşük yağ oranına sahip peynirlerde kazeinin parçalanması yetersiz olup bu durum düşük yağlı peynirlerin film benzeri bir yapıya sahip olmasına yol açmaktadır (Mistry, 2001). Ayrıca su içeriği, pH aralığı ve emülsifiye edici maddelerin de tekstürü etkilediği bildirilmektedir. (Banchmann, 2001).



Şekil 4.26. Beyaz peynirlerde sertlik değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulaması peynirlerin sertlik değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0.01$ ). MTG ile işlem görmüş peynirlerin sertlik değerlerinin yağı azaltılmış

kontrol peynirine göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Yağ içeriği azaltılan peynirlerde tekstürel ve fonksiyonel özelliklerin iyileştirilmesinde izlenecek yollardan birisinin, az yağlı peynirin su içeriğinde tam yağlı peynirin su/protein oranına eşit veya ondan daha yüksek bir düzeyde, yeterli bir artış sağlamak olduğu bildirilmektedir (Broadbent ve ark., 2001).

MTG kullanımının temel amacı, proteinler arası bağlantı oluşumunu güçlendirmek ve son üründe yapısal iyileşmeleri sağlamaktır. Bu spesifik enzim tarafından tetiklenen izopeptid bağlantıları sonucunda oluşan 3-boyutlu ağ yapısı (network) daha küçük kompartmanlardan oluşmaktadır (Imm ve ark., 2000). MTG kullanımıyla protein ağ yapısı üzerinde birim alanda daha fazla sayıda proteinin bağlantı noktasının varlığına bağlı olarak ürünün deformasyon kuvvetlerine karşı direnci ve sertliği de artacaktır. Ancak, MTG uygulaması ile aynı zamanda yapıda tutulan su miktarında da artış meydana gelmektedir. Protein ağında bulunan su, yapı üzerinde plastikleştirici bir etki yaratarak ürünün daha elastik ve daha az dağılan bir yapıya sahip olmasına neden olmaktadır (Banchmann, 2001). MTG uygulanan peynirlerde yapıda tutulan su miktarı fazla olduğu için, sertlik değerlerinin kontrol peynirinden düşük olduğu düşünölmektedir.

Protein matriksinde daha fazla su tutulduğu için pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerin sertlik değerlerinin, rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerden düşük olduğu belirlenmiş ve enzim uygulama aşamasının peynirlerin sertlik değerlerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Bu sonuçlar Di Pierro ve ark. (2010)'nın bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Yine aynı sebeple enzim oranı arttıka peynirlerin sertlik değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Enzim oranı da peynirlerin sertlik değerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ).

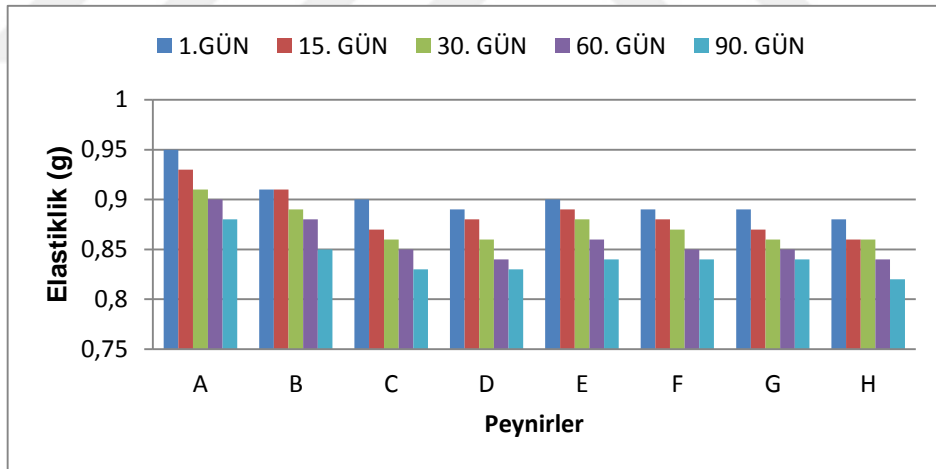
Depolamanın ilk 15 gününde tüm peynirlerin sertlik değerlerinde belirgin bir artış saptanırken, olgunlaşmanın 15. günden sonraki aşamalarında tüm örneklerin sertlik değerlerinde azalma meydana gelmiştir ( $p<0.01$ ). Depolamanın ilk 15 günü içerisinde gözlemlenen sertlik değerleri artışı aynı dönemde salamuradan tuz geçişinin büyük ölçüde tamamlanması ile ilişkili bulunmuştur. Salamuradan peynir kitlesine tuz geçişine bağlı olarak peynirde su kaybının oluşması kitlenin sertliğinin artmasına yol açmaktadır. Daha sonraki dönemlerde ise proteolize bağlı olarak

peynir sertliğinin azaldığı tahmin edilmektedir. Lane ve ark. (1997), peynir sertliğinin suda çözünen azot ile ölçülen proteolizin artışıyla lineer bir düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir.

#### 4.6.2. Elastiklik (Springiness)

Elastiklik, peynirin birinci sıkıştırma sonrası eski halini alma oranı olarak ifade edilmektedir (Gunasekaran ve Ak, 2003; Chevanan ve ark., 2006). Bir başka deyişle, bir madde üzerine uygulanan deformasyon kuvvetinin kaldırılmasının ardından yapının orijinal durumuna geri dönebilme derecesi olarak ifade edilmektedir (Imoto ve ark., 1979; Lee ve ark., 1978; Qvist, 1987).

Beyaz peynirlerinin elastiklik değerleri 0.82 ile 0.95 arasında değişmiştir (Şekil 4.27). Enzim uygulamasının ve enzim oranlarının peynirlerin elastiklik değerlerine etkisi önemli bulunurken ( $p < 0.01$ ), enzim uygulama aşamasının etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).



Şekil 4.27. Beyaz peynirlerde elastiklik değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

En düşük elastiklik değerine yağlı kontrol (H) peyniri, en yüksek elastiklik değerine de yağı azaltılmış kontrol (A) peyniri sahip olmuştur. Peynir kitlesindeki yağın peynirin daha elastik olmasını sağladığı tahmin edilmektedir. MTG uygulanan peynirlerin elastiklik değerlerinin yağı azaltılmış kontrol peynirinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Bu durum yağı azaltılmış kontrol peynirinin kurumadde iğeriğinin daha yüksek olmasına bağlanabilir. Düşük nem iğeriğine sahip peynirlerin elastiklik değerlerinin daha yüksek olduğu başka ęalıřmalarda da bildirilmektedir (Zisu ve Shah, 2004; Chevanan ve ark., 2006).

Enzim oranı ile peynirlerin elastiklik değerleri arasında negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Enzim oranındaki artışla birlikte peynirlerin kurumaddeindeki azalmaya bağlı olarak elastikiyet değerlerinin de düştüğü görülmektedir.

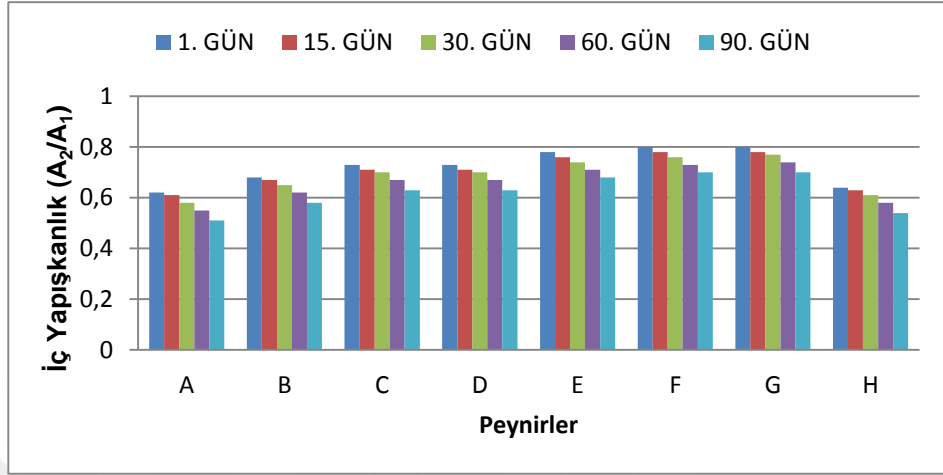
Depolama süresi boyunca peynirlerin elastiklik değerlerinde sınırlı bir azalma olduğu tespit edilmiş, ancak depolama süresinin peynirlerin elastiklik değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Olgunlaşma sürecinde peynirde elastiklik değerlerinde meydana gelen azalma proteolize bağlı protein degradasyonu, serbest su miktarının azalması ve yağ globüllerinin sıkılaşma eğilimi ile ilişkilidir (Ghoddushi ve Robinson, 1996). Biręok peynirin olgunlaşması sırasında proteoliz nedeni ile özellikle ilk aşamada protein matriksleri daha pürüzsüz ve daha homojen bir yapıya dönüştürülerek bir yumuşaklık oluşmaktadır. Burada  $\alpha_{s1}$  kazeininin pıhtıda kalan maya enzimleri tarafından hidrolizinin önemli rol oynamakta olduğu saptanmıştır (Koçak, 1988).

#### 4.6.3. İç yapışkanlık (Cohesiveness)

İç yapışkanlık, peynirin paręalanmadan önce deforme edilmesi için gerekli kuvveti gösteren bir değerdir. Peynirde iç yapışkanlık, protein misellerindeki (peynirde 3-boyutlu protein-yağ matriksini oluşturan) iç bağların kuvvetinin ölçüsüdür (Szczeniak, 1963; Tunick, 2000).

Peynirlerin iç yapışkanlık değerlerinde depolama süresince görülen değişimler Şekil 4.28.'de verilmiştir. Enzim uygulanan peynirlerin iç yapışkanlık değerlerinin kontrol peynirlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiş ve enzim uygulamasının

peynirlerin iç yapışkanlık değerlerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Bu durumun MTG uygulaması ile peynirlerin protein matriksindeki çapraz bağ sayısının, dolayısıyla iç bağ sayısının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.28. Beyaz peynirlerde iç yapışkanlık değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerin iç yapışkanlık değerlerinin, rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Bu durumun pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde MTG enziminin daha fazla çapraz bağ oluşturmasından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

Enzim oranı ile peynirlerin iç yapışkanlık değerleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Enzim oranı arttıkça peynirin protein matriksinde daha fazla çapraz bağ oluşması nedeniyle iç yapışkanlık değerlerinin de arttığı görülmüştür. Gaspar ve de Góes-Favoni. (2015) MTG oranının (belli bir düzeye kadar) artmasıyla birlikte çapraz bağ sayısının da arttığını bildirmektedir.

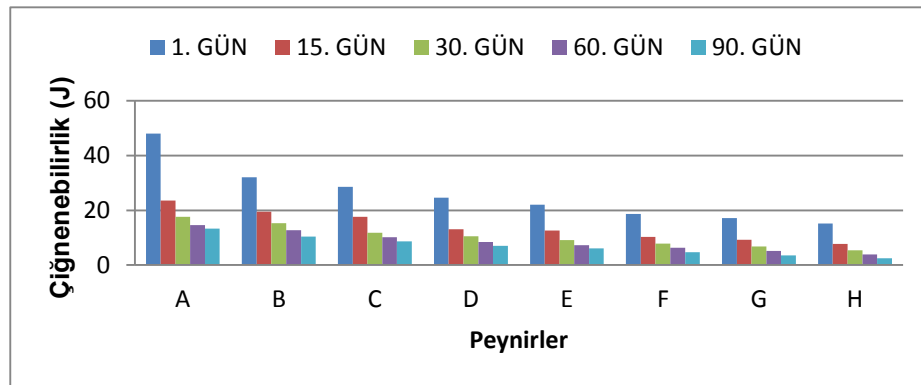
Depolama süreci boyunca tüm örneklerde iç yapışkanlık değerlerinde düşme olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Depolama süreci boyunca peynirde reolojik/tekstürel

özelliklerin gelişimi, dinamik bir yapı gösteren protein bağlarının devamlı kırılıp yeniden kurulmasının (yeniden yapılanma; re-organization) bir sonucudur (Solorza, 1996). İç yapışkanlık değerlerindeki azalmanın, peynirlerde olgunlaşma süresince proteolizin artmasına bağlanabilir. Kheadr ve ark. (2002), Yaşar (2007), Şener (2012) ve Özer ve ark. (2013) olgunlaşma süresince peynirlerin iç yapışkanlık değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

#### 4.6.4. Çiğnenebilirlik (Chewiness)

Çiğnenebilirlik, katı bir gıdanın yutulmaya hazır hale getirilmesi için gerekli çiğneme kuvveti olarak tanımlanır (Raphielides ve ark., 1995). Çiğnenebilirlik, peynirlerin tekstürel özelliklerinin ölçümünde yararlanılan direkt bir parametre olmayıp ikincil parametre olarak değerlendirilmektedir (Zoon, 1991). Çiğnenileme değeri, sertlik x iç yapışkanlık x elastiklik değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Dolayısıyla, bu parametrelerin peynirde olgunlaşma süreci boyunca gösterdiği değişim profilini aynen yansıtmaktadır.

Beyaz peynirlere ait çiğnenebilirlik değerlerinin depolama süresince meydana gelen değişimi Şekil 4.29.'da sunulmaktadır.



Şekil 4.29. Beyaz peynirlerde çiğnenebilirlik değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği



Enzim uygulamasını peynirlerin çiğnenebilirlik değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). En düşük çiğnenebilirlik değerine yağlı kontrol peynirinin, en yüksek değere de yağı azaltılmış kontrol peynirinin sahip olduğu belirlenmiştir. Peynirde yağ oranının azaltılmasının, protein matriksinin daha sıkı ve peynirin yapısının daha çiğnenebilir olmasına neden olduğu da belirtilmiştir (Kavas ve ark., 2004). MTG uygulanan peynirlerin çiğnenebilirlik değerleri yağı azaltılmış kontrol peynirinden daha düşük bulunmuştur. Bu durumun peynirlerin kurumaddesi ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Yağı azaltılmış peynirlerde kuruma, sertleşme gibi tekstürel kusurlar oluşmakta ve bu kusurların giderilmesi için nem içeriğinin artırılması önerilmektedir (Drake ve Swanson, 1995). MTG uygulaması ile peynirlerin nem içeriğinin arttığı belirlenmiş, buna bağlı olarak da MTG uygulanan peynirlerde çiğnenebilirlik özelliğinin iyileştiği görülmüştür.

Enzim uygulama aşaması da peynirlerin çiğnenebilirlik özelliğini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). Pıhtı kesiminden sonra MTG ile işlem gören peynirlerin nem içeriğinin daha yüksek olmasına bağlı olarak, çiğnenebilirlik değerleri daha düşük olmuştur.

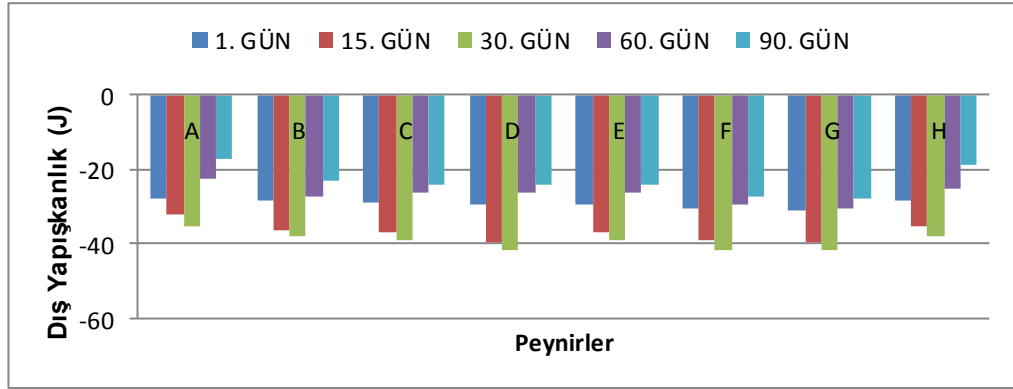
Enzim oranı ile peynirlerin çiğnenebilirlik değerleri arasında aynı sebeple negatif bir korelasyon olduğu saptanmıştır ( $p<0.01$ ). Enzim oranı arttıkça pıhtıda tutulan su miktarı artmış ve peynirler yağlı kontrol peynirine yakın çiğnenebilirlik değerleri almıştır.

Peynirlerin çiğnenebilirlik değerleri depolama süresince azalmış ve depolama süresinin çiğnenebilirlik değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Bu durumun olgunlaşmaya bağlı olarak gelişen proteoliz sonucu, kazein ağındaki zayıflama ile birlikte peynirin daha kolay çiğnenebilecek nitelik kazanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

#### 4.6.5. Dış yapışkanlık (Adhesiveness)

Dış yapışkanlık, gıda yüzeyi ile temas eden yüzey (damak, dil ya da diş) arasındaki çekim kuvvetini ortadan kaldıran kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Van

Vliet, 1991). Beyaz peynirlere ait dış yapışkanlık değerlerinin depolama süresince meydana gelen değişimi Şekil 4.30.'da sunulmaktadır.



Şekil 4.30. Beyaz peynirlerde dış yapışkanlık değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

En yüksek dış yapışkanlık değerine yağı azaltılmış kontrol peyniri, en düşük değere ise pıhtı kesiminden sonra yüksek oranda MTG uygulanmış G peyniri sahip olmuştur. Enzim uygulaması peynirlerin yapışabilirlik değerlerini önemli düzeyde etkilemiş ( $p < 0.01$ ) ve peynirlerin dış yapışkanlık değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Bu durumun peynirlerin nem içeriğine bağlı olabileceği tahmin edilmektedir. Kırmacı (2006) da yağ ikamesi ile ürettiği ve su tutma kapasitesi daha yüksek olan Beyaz peynirlerde yapışabilirlik değerlerinin daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Enzim uygulama aşamasının ve enzim oranlarının peynirlerin dış yapışkanlık değerlerine etkisinin önemli olduğu saptanmıştır ( $p < 0.01$ ). Pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde yapışabilirlik değerlerinin rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerinkinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yine enzim oranındaki artışa bağlı olarak peynirlerin dış yapışkanlık değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu sonucun da peynirlerin nem içeriğine bağlı olduğu tahmin edilmektedir. Genel olarak yüksek oranda nem içeren peynirlerin yapışabilirlik değerleri daha düşük bulunmuştur.

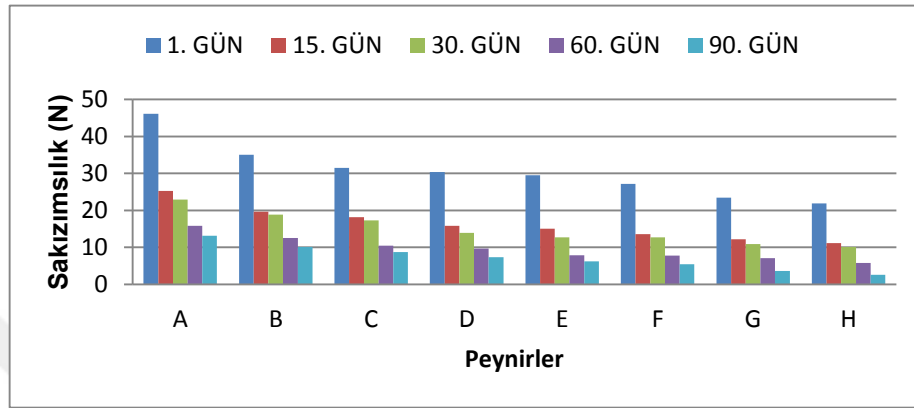
Depolamanın ilk 30 günü boyunca dış yapışkanlık değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu durum salamuradan kitleye tuz geçişinin bu aşamada büyük ölçüde tamamlanmasından kaynaklanmaktadır. Depolamanın 30. gününden itibaren dış yapışkanlık değerlerinde artma, meydana gelmiştir. Bu durumun peynirlerde proteolizin ilerlemesine bağlı olabileceği düşünülmektedir. Özer ve ark. (2002) UF teknolojisi ile üretmiş oldukları Urfa peynirlerinde tuz penetrasyonuna bağlı olarak dış yapışkanlık değerlerinin sürekli artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Benzer sonuçlar; farklı starter kültürlerin Beyaz peynirlerin tekstürel özelliklerini inceleyen Ghoddushi ve Robinson (1996) tarafından da elde edilmiştir. Şener (2012) de MTG uygulanan peynirlerde ilk 30 gün içerisinde hızlı tuz penetrasyonuna bağlı sertleşmenin etkisi ile azalan dış yapışkanlık değerlerinin daha sonraki süreçte arttığını bildirmiştir.

#### 4.6.6. Sakızımsılık (Gumminess)

Sakızımsılık, yarı katı bir gıdayı yutulmaya hazır hale getirmek için gerekli parçalama kuvveti olarak ifade edilmektedir (Raphielides ve ark., 1995) ve sertlik x iç yapışkanlık değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Van Vliet, 1991).

Peynirlerin sakızımsılık değerleri 2.56 ile 46.16 arasında değişmiştir (Şekil 4. 31.). En yüksek sakızımsılık değerine yağı azaltılmış kontrol peyniri, en düşük sakızımsılık değerine de yağlı kontrol peyniri sahip olmuştur. Yağın azaltılması protein ağının daha yoğun olmasına neden olmaktadır. Enzim uygulamasının peynirlerin sakızımsılık değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.01$ ). Enzim aracılığı ile çapraz bağlanan protein molekülü sayısının fazlalığına (izopeptid miktarının ve protein bağlantı sayısının fazlalığı) bağlı olarak da daha çok sayıda protein bağı parçalayabilmek için harcanması gereken enerji yükselmektedir. Ancak, MTG uygulaması ile aynı zamanda yapıda tutulan su miktarında da artış meydana gelmiştir. Bu nedenle MTG uygulanan peynirlerde sakızımsılık değerlerinin yağı azaltılmış kontrol peynirinden düşük olduğu düşünülmektedir. MTG uygulanan peynirlerin daha yumuşak olması nedeniyle daha kolay yutulabilir özellik kazandığı görülmüştür.

Enzim uygulama aşaması ve enzim oranı da aynı nedenlerle peynirlerin sakızımsılık değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). Pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde sakızımsılık değerlerinin rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerinkinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yine enzim oranındaki artışa bağlı olarak peynirlerin sakızımsılık değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.31. Beyaz peynirlerde sakızımsılık değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Depolama süresinin peynirlerin sakızımsılık değerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p<0.01$ ). Olgunlaşmanın süresi boyunca peynirlerin sakızımsılık değerlerinin sürekli olarak düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun proteolizle bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Kheadr ve ark. (2002) ve Yaşar (2007), olgunlaşma süresince peynirlerin sakızımsılık değerlerinin düştüğünü bildirmişlerdir.

#### 4.7. Mikroyapı

Beyaz peynirlerin mikrostrüktürleri Şekil 4.32.'de verilmiştir. Yağlı kontrol peynirinde (H) yağın, örnek hazırlama ve kaplama işlemleri sırasında erimesi nedeniyle proteinler arasındaki bağlar çok belirgin olarak görünmemiştir. Ancak yağ azaltılmış kontrol peynirinde (A) mikroyapı oldukça net görülmektedir. Buna göre

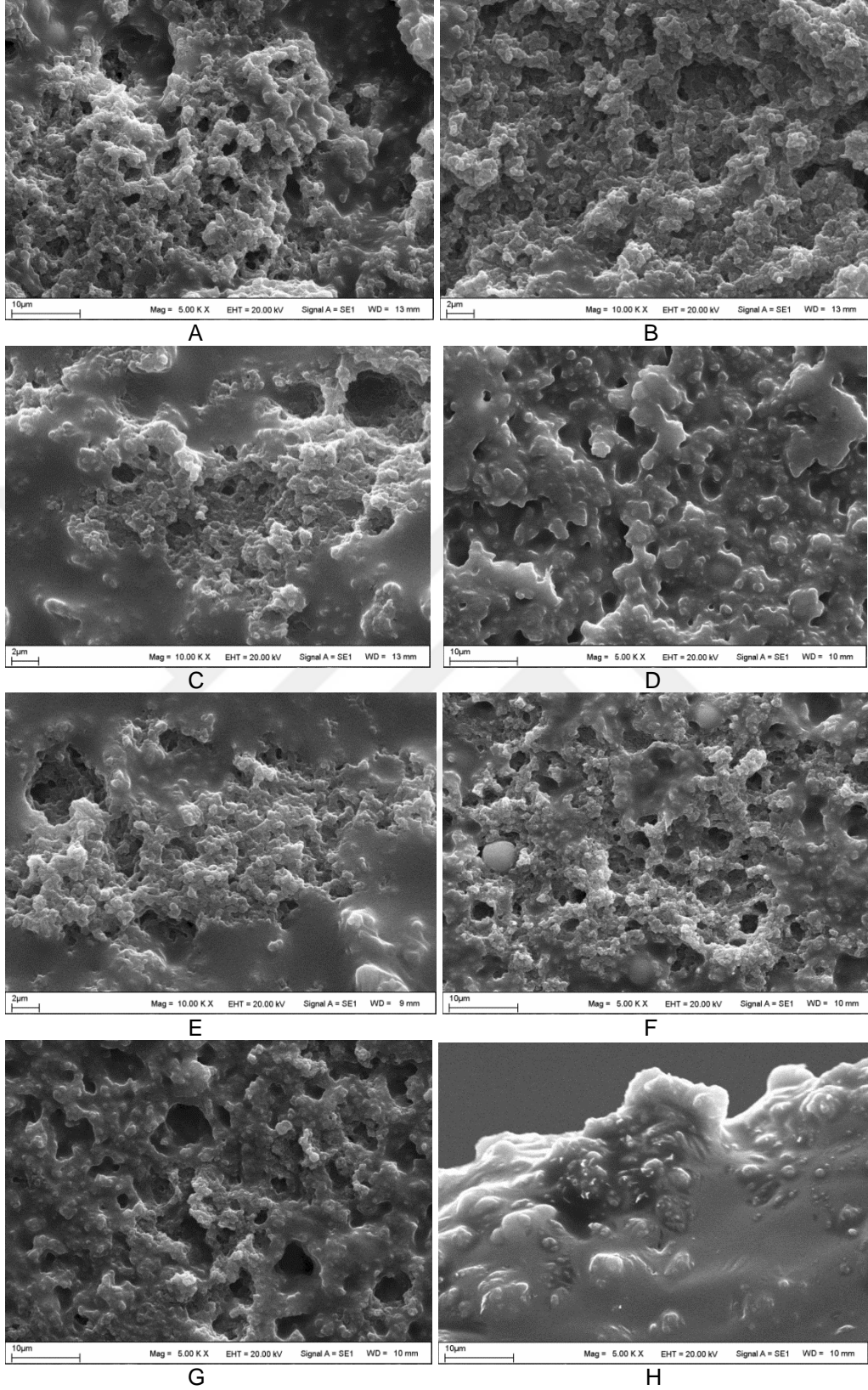
MTG enzimi ilavesinin yağı azaltılmış Beyaz peynirlerde mikrostrüktür yapının sıkılaşmasındaki etkisi açıkça görülmektedir. Peynirde yağ içeriği azaldıkça, protein matrisi daha yoğun ve sıkı bir hal aldığı bildirilmektedir (Mistry ve Anderson, 1993). Enzimin katalize ettiği protein-protein çapraz bağlanmasıyla protein kümelerinin bir araya geldiği, gözeneklerin azaldığı ve böylece sıkı bir mikrostrüktür oluştuğu da görülmektedir.

Pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerdeki mikroyapının rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlere göre daha sıkı olduğu belirlenmiştir. Bu görüntüler önceki kısımlarda elde ettiğimiz verileri de desteklemektedir. Enzim oranı arttıkça yapının daha sıkı olduğu ve sudan oluşan boşlukların da daha büyük olduğu, dolayısıyla yapıda daha fazla su tutulduğu da görülmektedir.

Şanlı ve ark. (2011) MTG katkılı ayran örneklerinde kontrol örneğinden farklı olarak daha güçlü jel yapısı içerisinde proteinlerin daha düzenli dağıldığı ve protein ağ yapısında gözenekliliğin azaldığını bildirmektedir.

Lorenzen ve ark. (2002) set tipi yoğurtlarda yaptıkları çalışmalarında, süte enzim ilavesinin protein networkunun gözenek boyutunu azalttığını ve yoğurt jelinde proteinlerin daha homojen dağıldığını elektron mikroskopunda görüntülemişlerdir.

Farnsworth ve Guo (2003); MTG enzimi ilaveli keçi sütünden yapılan yoğurt örneklerinde kontrol örneğine göre daha sıkı bir yapı görüntülemişlerdir.



Şekil 4.32. Beyaz peynirlerin mikrostrüktürleri

## 4.8. Duyusal Özellikler

Çizelge 4.24.'de Beyaz peynir örneklerine ait duyusal değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.24. Beyaz peynir örneklerine ait duyusal değerlendirme sonuçları

ÖRNEK	1.GÜN	15.GÜN	30.GÜN	60.GÜN	90.GÜN	
Renk ve Görünüş	A	17.5±0.163 <sup>B1</sup>	17.7±0.17 <sup>B1</sup>	17.4±0.31 <sup>A1</sup>	17.3±0.21 <sup>A1</sup>	16.6±0.45 <sup>B2</sup>
	B	17.3±0.25 <sup>B1aα</sup>	17.5±0.29 <sup>B1aα</sup>	16.9±0.59 <sup>B1aα</sup>	16.3±0.66 <sup>B2aα</sup>	15.9±0.64 <sup>B2aα</sup>
	C	17.5±0.45 <sup>B1aα</sup>	17.8±0.24 <sup>B1aα</sup>	17.5±0.24 <sup>A1aα</sup>	16.9±0.12 <sup>B1aα</sup>	16.0±0.05 <sup>B2aα</sup>
	D	17.4±0.17 <sup>B1aα</sup>	17.8±0.16 <sup>B1aα</sup>	17.4±0.17 <sup>A1aα</sup>	16.4±0.39 <sup>B2aα</sup>	16.2±0.43 <sup>B2aα</sup>
	E	17.8±0.52 <sup>B1aα</sup>	18.2±0.16 <sup>A1aα</sup>	17.8±0.46 <sup>A1aα</sup>	17.3±0.22 <sup>A1aα</sup>	16.9±0.66 <sup>A2aα</sup>
	F	18.2±0.54 <sup>A1aα</sup>	18.5±0.37 <sup>A1aα</sup>	18.3±8.18 <sup>A3bα</sup>	17.9±0.21 <sup>A1aα</sup>	17.5±0.09 <sup>A2aα</sup>
	G	18.6±0.25 <sup>A1aα</sup>	18.7±0.09 <sup>A1aα</sup>	18.5±0.38 <sup>A1aα</sup>	18.3±0.21 <sup>A1aα</sup>	18.0±0.05 <sup>A1aα</sup>
	H	19.5±0.29 <sup>A1</sup>	19.6±0.25 <sup>A1</sup>	18.9±0.05 <sup>A1</sup>	18.6±0.22 <sup>A2</sup>	18.2±0.08 <sup>A2</sup>
Kitle ve Yapı	A	24.2±0.510 <sup>E2</sup>	26.0±0.42 <sup>F1</sup>	22.4±0.36 <sup>G3</sup>	21.8±0.52 <sup>A4</sup>	21.0±0.38 <sup>A5</sup>
	B	24.3±0.36 <sup>D2bβ</sup>	26.0±0.53 <sup>G1bγ</sup>	23.7±0.45 <sup>F3bγ</sup>	21.8±0.21 <sup>A4aα</sup>	20.7±0.66 <sup>A5aα</sup>
	C	24.3±0.31 <sup>D3bβ</sup>	27.0±0.48 <sup>E1bβ</sup>	26.1±0.59 <sup>E2bβ</sup>	20.9±0.76 <sup>B4aβ</sup>	19.3±0.49 <sup>B5aβ</sup>
	D	24.8±0.61 <sup>D3bα</sup>	27.9±0.43 <sup>D1bα</sup>	26.7±0.37 <sup>D2bα</sup>	20.4±0.58 <sup>B4aγ</sup>	18.2±0.14 <sup>C5aγ</sup>
	E	26.4±0.45 <sup>C3aβ</sup>	29.2±0.31 <sup>C1aγ</sup>	27.2±0.20 <sup>C2aβ</sup>	19.6±0.76 <sup>C4bα</sup>	17.9±0.21 <sup>C5bα</sup>
	F	26.4±0.42 <sup>C3aβ</sup>	29.8±0.16 <sup>B1aβ</sup>	27.4±0.43 <sup>C2aβ</sup>	18.4±0.45 <sup>D4bβ</sup>	15.8±0.12 <sup>D5bβ</sup>
	G	28.1±0.26 <sup>B2aα</sup>	30.3±0.73 <sup>B1aα</sup>	28.3±0.52 <sup>B2aγ</sup>	17.6±0.29 <sup>E3bγ</sup>	15.1±0.76 <sup>E4bγ</sup>
	H	29.2±0.21 <sup>A2</sup>	31.8±0.57 <sup>A1</sup>	29.0±0.14 <sup>A2</sup>	17.1±0.21 <sup>E3</sup>	15.0±0.42 <sup>E4</sup>
Koku	A	9.0±0.492 <sup>C2</sup>	9.2±0.22 <sup>B1</sup>	9.4±0.17 <sup>B1</sup>	9.0±0.08 <sup>C2</sup>	8.7±0.54 <sup>B3</sup>
	B	9.0±0.50 <sup>C2bα</sup>	9.3±0.05 <sup>B1aα</sup>	9.3±0.09 <sup>B1aβ</sup>	8.9±0.20 <sup>C2bα</sup>	8.6±0.36 <sup>C3bβ</sup>
	C	9.0±0.29 <sup>C3bα</sup>	9.2±0.17 <sup>B2bα</sup>	9.7±0.08 <sup>A1aα</sup>	9.0±0.31 <sup>C2bα</sup>	8.7±0.19 <sup>B4bα</sup>
	D	9.1±0.17 <sup>B2bα</sup>	9.1±0.17 <sup>C2bβ</sup>	9.4±0.16 <sup>B1bβ</sup>	9.0±0.05 <sup>C2bα</sup>	8.9±0.08 <sup>B3bα</sup>
	E	9.3±0.17 <sup>B1aβ</sup>	9.4±0.19 <sup>B1aβ</sup>	9.4±0.21 <sup>B1aβ</sup>	9.1±0.22 <sup>B2aβ</sup>	9.0±0.29 <sup>A2aβ</sup>
	F	9.3±0.24 <sup>B2aβ</sup>	9.6±0.17 <sup>A1aα</sup>	9.7±0.00 <sup>A1aα</sup>	9.4±0.19 <sup>B2aα</sup>	9.0±0.29 <sup>A3aβ</sup>
	G	9.6±0.22 <sup>A2aα</sup>	9.7±0.05 <sup>A1aα</sup>	9.8±0.05 <sup>A1aα</sup>	9.5±0.29 <sup>A2aα</sup>	9.3±0.29 <sup>A3aα</sup>
	H	9.7±0.22 <sup>A1</sup>	9.8±0.05 <sup>A1</sup>	9.8±0.09 <sup>A1</sup>	9.7±0.29 <sup>A1</sup>	9.3±0.12 <sup>A2</sup>
Tat	A	23.5±0.386 <sup>D2</sup>	25.0±0.37 <sup>E1</sup>	24.7±1.07 <sup>F1</sup>	20.1±0.17 <sup>G3</sup>	20.6±0.53 <sup>F3</sup>
	B	24.3±0.41 <sup>D2bβ</sup>	25.2±0.78 <sup>E1bβ</sup>	25.4±0.36 <sup>F1bγ</sup>	21.3±1.19 <sup>F3bγ</sup>	21.1±0.70 <sup>F3bγ</sup>
	C	26.3±0.36 <sup>C1bα</sup>	26.7±0.31 <sup>D1bα</sup>	26.8±0.39 <sup>E1bβ</sup>	22.1±1.35 <sup>E3bβ</sup>	23.1±0.41 <sup>E2bβ</sup>
	D	26.4±0.29 <sup>C2bα</sup>	26.7±0.25 <sup>D2bα</sup>	27.8±0.22 <sup>D1bα</sup>	23.5±0.62 <sup>D4bα</sup>	24.5±1.42 <sup>D3bα</sup>
	E	26.8±0.58 <sup>B3aβ</sup>	28.2±0.25 <sup>C1aβ</sup>	27.9±0.17 <sup>D2aγ</sup>	26.7±1.02 <sup>C3aβ</sup>	26.2±0.81 <sup>C3aγ</sup>
	F	27.1±0.70 <sup>B2aα</sup>	29.3±0.61 <sup>B1aα</sup>	29.5±0.33 <sup>C1aβ</sup>	27.2±0.58 <sup>B2aβ</sup>	27.0±0.76 <sup>B2aβ</sup>
	G	27.5±0.37 <sup>B4aα</sup>	29.6±0.42 <sup>B2aα</sup>	30.9±0.54 <sup>B1aα</sup>	27.8±0.38 <sup>B4aα</sup>	28.9±0.51 <sup>A3aα</sup>
	H	28.9±0.42 <sup>A4</sup>	32.7±0.90 <sup>A1</sup>	32.3±1.07 <sup>A1</sup>	30.4±0.69 <sup>A2</sup>	29.7±0.46 <sup>A3</sup>

A,B,C,D,E,F,G. Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulamasına** göre birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

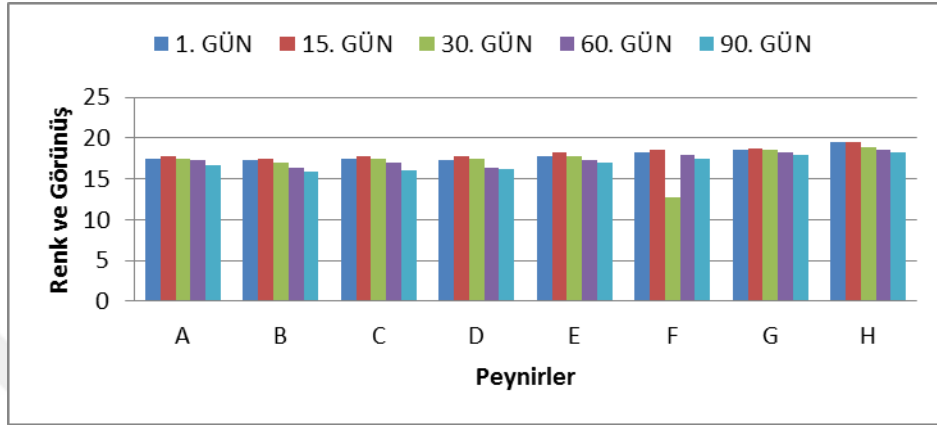
1,2,3,4,5. Aynı satırda farklı üstel rakamlarla gösterilen değerler **depolama süresine** göre birbirinden farklıdır.

a,b. Aynı sütunda farklı üstel harflerle gösterilen değerler **enzim uygulama aşamasına** göre birbirinden farklıdır.

α,β,γ. Aynı sütunda farklı üstel Yunan harfleri ile gösterilen değerler **enzim oranına** göre birbirinden farklıdır.

#### 4.8.1. Renk ve görünüş

Denemede üretilen Beyaz peynirlerin renk ve görünüş puanları 15.9 ile 19.57 arasında değişmiş olup (Çizelge 4.24.), peynirlerin renk ve görünüş puanlarına ait grafik de Şekil 4.33.'te verilmiştir.



Şekil 4.33. Beyaz peynirlere ait renk ve görünüş puanları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulaması ve depolama süresi peynirlerin renk ve görünüş puanlarını önemli düzeyde etkilerken ( $p < 0.01$ ), enzim uygulama aşaması ve enzim oranının renk ve görünüş puanlarına etkisi önemsiz olmuştur ( $p > 0.05$ ).

En yüksek renk ve görünüş puanını yağlı kontrol peyniri, en düşük puanı da depolamanın son gününde rennetle birlikte düşük oranda MTG uygulanan peynir örneği (B) almıştır. Genel olarak MTG uygulanan peynirlerin renk ve görünüş puanlarının yağlı azaltılmış kontrol peynirinden çok az daha yüksek (60. ve 90. günlerde B, C ve D örnekleri hariç) olduğu belirlenmiştir.

Enzim uygulama aşamasının etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamasına rağmen, rennetle birlikte MTG uygulanan peynirlerin renk ve görünüş puanlarının pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen peynirlerden ve yağlı azaltılmış kontrol peynirinden biraz daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yine enzim oranı arttıkça



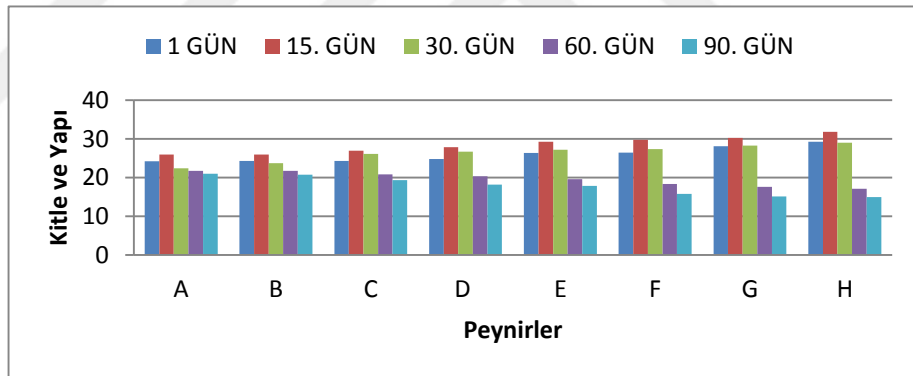
peynirlerin renk ve görünüş puanlarında çok az artış olduğu belirlenmiş, fakat bu artış ta istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır.

Depolama süresince tüm peynirlerin renk ve görünüş puanlarında düşme görülmüştür. Proteolize bağlı olarak yüzeyin daha yapışkan bir görünüm almasından dolayı renk ve görünüş puanlarında azalmalar olduğu tahmin edilmektedir.

Enzim uygulama aşaması x enzim oranı, enzim uygulama aşaması x depolama ve enzim oranı x depolama, enzim uygulama aşaması x enzim oranı x depolama interaksiyonlarının renk ve görünüş puanlarına etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

#### 4.8.2. Kitle ve yapı

Çizelge 4.24. ve Şekil 4.34.'de görüldüğü gibi peynirlerin kitle ve yapı puanları 15.0 ile 31.8 arasında değişmiştir.



Şekil 4.34. Beyaz peynirlere ait kitle ve yapı puanları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Depolamanın 30. gününe kadar en yüksek kitle-yapı puanını yağlı kontrol peyniri, en düşük kitle ve yapı puanını da yağ azaltılmış kontrol peyniri almıştır. Ancak 60. günden itibaren durum tersine dönmüş, en yüksek kitle ve yapı puanını yağ azaltılmış kontrol peyniri en düşük kitle ve yapı puanını da yağlı kontrol peyniri almıştır. Enzim uygulaması peynirlerin kitle ve yapı puanlarını önemli düzeyde

etkilemiştir ( $p<0.01$ ). MTG ile işlem gören peynirlerin kitle ve yapı puanlarının depolamanın 30. gününe kadar, yağı azaltılmış kontrol peynirinden daha yüksek, 60. günden itibaren ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Genel olarak MTG ile işlem gören peynirlerin kitle ve yapı puanları yağlı kontrol peynirine yakın değerler almıştır. Bu durum MTG uygulanan peynirlerin yapısında daha fazla su tutulmasından dolayı yağlı peynire benzer nitelik kazanmasına bağlanabilir. Yağ içeriği azaltılan peynirlerde tekstürel ve fonksiyonel özelliklerin iyileştirilmesinde izlenecek yollardan birisinin, az yağlı peynirin su içeriğinde tam yağlı peynirin su/protein oranına eşit veya ondan daha yüksek bir düzeyde, yeterli bir artış sağlamak olduğu bildirilmektedir (Broadbent ve ark., 2001).

Enzim uygulama aşaması da peynirlerin kitle ve yapı puanlarını önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). Depolamanın 30. gününe kadar, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerin kitle ve yapı puanlarının rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerden daha yüksek olduğu, 60. günden itibaren ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerin yapısının yağlı kontrol peynirine daha çok benzediğini göstermektedir. Bu benzerliğin pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde proteinler arasında daha çok çapraz bağ oluşması ve yapıda daha fazla su tutulmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

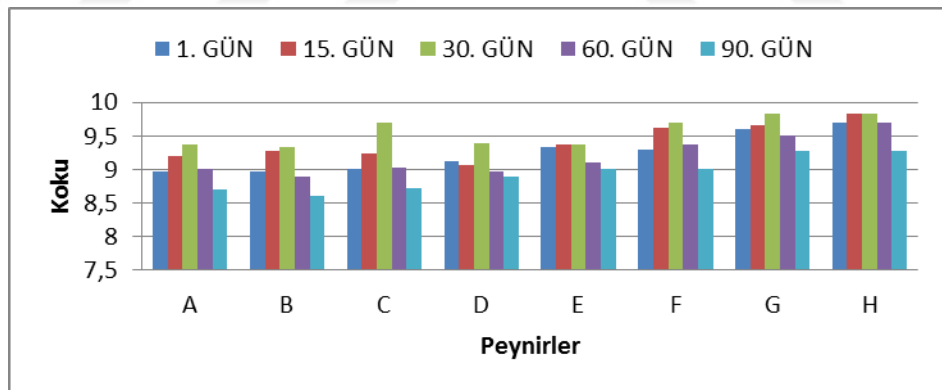
Depolamanın 30. gününe kadar enzim oranı ile kitle ve yapı puanları arasında pozitif, 60. günden itibaren ise negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Enzim oranındaki artışa bağlı olarak peynirlerin kitle ve yapı puanlarının kontrol peynirine daha yakın değerler aldığı görülmektedir. MTG oranı arttıkça peynir kitlesinde tutulan su miktarının artması, enzim uygulanan peynirlerin yapısının yağlı kontrol peynirine daha yakın olmasını sağlamıştır.

Depolama süresinin peynirlerin kitle ve yapı puanlarına etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Depolamanın 15. gününde salamuradan tuz geçişine bağlı olarak kitle ve yapı puanlarının arttığı, 30. günden itibaren de sınırlı proteolizin etkisiyle meydana gelen yumuşamaya bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Bu bulguların, peynirlerin tekstürel sertlik analiz sonuçları ile de uyumlu olduğu görülmektedir.

Enzim uygulama aşaması x enzim oranı interaksyonunun kitle ve yapı puanlarına etkisi  $p>0.05$  düzeyinde önemsiz, enzim uygulama aşaması x depolama ve enzim oranı x depolama interaksyonlarının kitle ve yapı puanlarına etkisi  $p<0.001$  düzeyinde önemli, enzim uygulama aşaması x enzim oranı x depolama interaksyonlarının kitle ve yapı puanlarına etkisi  $p>0.05$  düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

#### 4.8.3. Koku

Deneme peynirlerinin koku puanlarına ait grafik Şekil 4.35’de verilmiştir. En yüksek koku puanına 9.83 puan ile yağlı kontrol peyniri (H), en düşük koku puanına da 8.60 puan ile rennetle birlikte düşük oranda MTG uygulanmış peynir (B) sahip olmuştur. Enzim uygulanan peynirlerin koku puanlarının yağlı azaltılmış kontrol peynirine göre çok az daha yüksek olduğu (B örneği hariç) belirlenmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ).



Şekil 4.35. Beyaz peynirlere ait koku puanları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulama aşaması ve enzim oranları da peynirlerin koku puanlarını önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0.01$ ). Pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerin koku puanlarının, rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerden biraz daha yüksek olduğu belirlenmiştir. MTG enziminin koku üzerine direkt etkisi olmadığı, ancak MTG uygulanan peynirlerde titre edilebilir asitliğin daha yüksek olması nedeniyle koku puanlarının daha yüksek olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca pıhtıda daha fazla serum proteini tutulması da peynirde koku oluşumunu olumlu yönde etkilemiş olabilir. Enzim oranı arttıkça peynirlerin koku puanlarının da arttığı belirlenmiştir. Bu durum da peynirlerin asitliği ile bağlantılı olabilir. Domagala ve ark. (2013) yoğurtlarda MTG oranı arttıkça koku puanlarının arttığını bildirmiştir.

Peynirlerin koku puanlarının depolamanın ilk 30 gününde arttığı, 60. günden itibaren ise düştüğü belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). Olgunlaşma sürecinde peynirlerde meydana gelen sınırlı proteolizin ilk evrelerinde oluşan aroma maddelerinin ilk 30 günde koku üzerine olumlu etki gösterdiği, daha sonraki evrelerde oluşan bileşiklerinse kokuyu olumsuz yönde etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

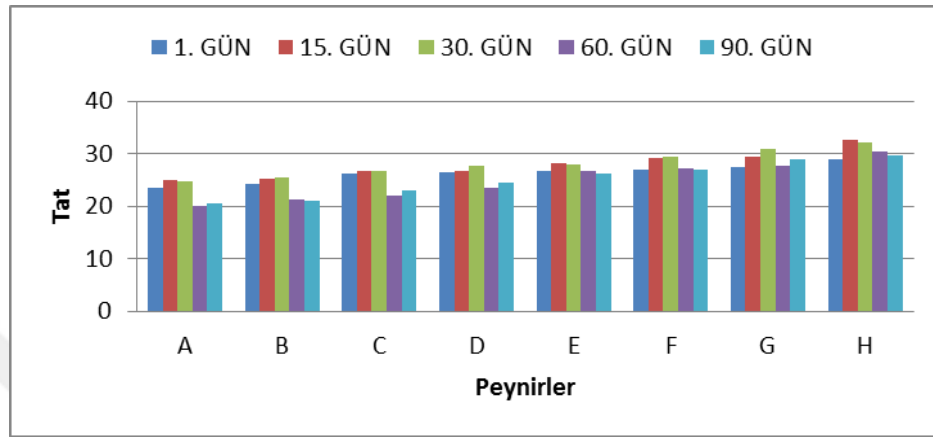
Enzim uygulama aşaması x enzim oranı, enzim uygulama aşaması x depolama, enzim oranı x depolama, enzim uygulama aşaması x enzim oranı x depolama interaksiyonlarının koku puanlarına etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

#### 4.8.4. Tat

Beyaz peynirlerin tat puanları 20.1 ile 32.7 arasında değişmiş olup, depolama süresince örneklerin tat puanlarındaki değişimi gösteren grafik Şekil 4.36'da verilmiştir.

En yüksek tat puanını yağlı kontrol peyniri, en düşük tat puanını da yağı azaltılmış kontrol peyniri almıştır. Süt yağı süt ürünlerinin tekstür, lezzet ve renk oluşumlarında belirleyici rol oynamaktadır. Dolayısıyla peynirin içerdiği yağ peynirin aroması, yapısı ve tat karakteristikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yapılan araştırmalar az yağlı peynirlerin tam yağlı peynirlere göre daha zayıf aromaya, daha sert yapıya sahip olduğunu göstermiştir (Akan ve ark., 2014). Enzim

uygulaması peynirlerin tat puanlarını önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ). MTG uygulanan peynirlerin tat puanlarının yağı azaltılmış kontrol peynirine göre daha yüksek olduğu ve yağlı kontrol peynirine yakın değerler aldığı belirlenmiştir. Bu durum MTG enzimi sayesinde kitlede tutulan suyun yağlılık hissi vermesinden kaynaklanmış olabilir.



Şekil 4.36. Beyaz peynirlere ait tat puanları

**A:** Yarım yağlı kontrol örneği, **B:** Rennetle birlikte 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **C:** Rennetle birlikte 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **D:** Rennetle birlikte 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **E:** Pıhtı kesiminden sonra 0.25 U/g protein MTG ilaveli örnek, **F:** Pıhtı kesiminden sonra 0.50 U/g protein MTG ilaveli örnek, **G:** Pıhtı kesiminden sonra 1.00 U/g protein MTG ilaveli örnek, **H:** Tam yağlı kontrol örneği

Enzim uygulama aşamasının ve enzim oranının peynirlerin tat puanlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Pıhtı kesiminden sonra MTG ilave edilen peynirlerin tat puanlarının rennetle birlikte MTG uygulanan peynirlerden yüksek olduğu ve yağlı kontrol peynirine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Enzim oranı ile peynirlerin tat puanları arasında pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Her iki sonucun da kitlede daha fazla su tutulmasıyla ilgili olabileceği tahmin edilmektedir. Yağ içeriği azaltılan peynirlerde tekstürel ve fonksiyonel özelliklerin iyileştirilmesinde izlenecek yollardan birisinin, az yağlı peynirin su içeriğinde tam yağlı peynirin su/protein oranına eşit veya ondan daha yüksek bir düzeyde, yeterli bir artış sağlamak olduğu bildirilmektedir (Broadbent ve ark., 2001). Buna göre MTG uygulaması ile peynirlerin su içeriğindeki artışın yağı azaltılmış peynirlerin tekstürel ve duyuşal özelliklerini iyileştirdiği söylenebilir.

Peynirlerin tat puanlarının depolamanın ilk 15 gününde artış gösterdiği, 30. günden itibaren ise düşmeye başladığı belirlenmiş ve depolama süresinin peynirlerin tat puanlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Başlangıçtaki artışın peynir kitlesine tuz penetrasyonuna bağlı olduğu, 30. günden sonra ise proteolizin etkisiyle tat puanlarının düştüğü tahmin edilmektedir.

Enzim uygulama aşaması x enzim oranı, enzim oranı x depolama, enzim uygulama aşaması x enzim oranı x depolama interaksiyonlarının tat puanlarına etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Enzim uygulama aşaması x depolama interaksiyonunun tat puanlarına etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.001$ ).



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yağı azaltılmış peynirlerde karşılaşılan duysal ve tekstürel kusurların giderilmesinde MTG enziminden yararlanma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla farklı aşamalarda ve farklı oranlarda MTG ilave edilen sütler kullanılarak Beyaz peynir üretimi gerçekleştirilmiş ve MTG enzimi uygulamasının 90 günlük depolama süresince Beyaz peynirlerin kimyasal, tekstürel, duysal ve mikrostrüktürel niteliklerine etkisi incelenmiştir.

Çalışmada yağlı (H) ve yarım yağlı (A) kontrol Beyaz peynirleri ile rennetle birlikte 0.25 (B), 0.50 (C), 1.00 (D) U/g protein ve pıhtı kesiminden sonra 0.25 (E), 0.50 (F), 1.00 (G) U/g protein mikrobiyal MTG ilave edilerek sekiz farklı peynir üretilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak verilmiştir:

Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması, enzim oranı ve depolama süresi peynirlerin fiziksel, kimyasal ve duysal özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p<0.01$ ).

Enzim uygulanan peynirlerin pH, kurumadde, yağ, yağsız kurumadde, kül, protein ve kurumaddede protein, toplam azot, suda çözünen azot, protein olmayan azot, PTA'da çözünen azot, kazein azotu, olgunlaşma indeksi, sertlik, elastiklik, çiğnenebilirlik, dış yapışkanlık, sakızımsılık değerleri ile kitle ve yapı puanları yağı azaltılmış kontrol peynirine göre düşük olurken, titrasyon asitliği, tuz ve kurumaddede tuz, iç yapışkanlık değerleri ile renk ve görünüş, koku ve tat puanları yüksek olmuştur.

Rennetle birlikte MTG uygulanan peynirlerin pH, kurumadde, yağ ve kurumaddede yağ, protein ve kurumaddede protein, toplam azot, suda çözünen azot, protein olmayan azot, PTA'da çözünen azot, sertlik, çiğnenebilirlik, dış yapışkanlık, sakızımsılık değerleri ile koku puanlarının pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlere göre yüksek, titrasyon asitliği, tuz ve kurumaddede tuz, kazein azotu, iç yapışkanlık değerleri ile renk ve görünüş, kitle ve yapı ve tat puanlarının ise düşük olduğu belirlenmiştir.

Enzim oranı arttıkça peynirlerin pH, kurumadde, yağ, kurumaddede yağ, yağsız kurumadde, protein ve kurumaddede protein, toplam azot, suda çözünen azot, protein olmayan azot, PTA'da çözünen azot, kazein azotu, sertlik, elastiklik, çiğnenebilirlik, dış yapışkanlık, sakızimsılık değerleri azalmış, titrasyon asitliği, kurumaddede tuz, iç yapışkanlık değerleri ile koku ve tat puanları artmıştır. Enzim oranındaki artış peynirlerin kitle ve yapı puanlarında 30. güne kadar artışa, 60. günden sonra ise düşüşe neden olmuştur.

Depolama süresince peynirlerin pH, kurumadde, yağ, kurumaddede yağ, protein, kurumaddede protein, toplam azot, kazein azotu, sertlik, elastiklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik, sakızimsılık değerleri ile renk ve görünüş, kitle ve yapı, koku ve tat puanları azalmış, titrasyon asitliği, tuz, kurumaddede tuz, suda çözünen azot, protein olmayan azot, PTA'da çözünen azot, proteoz-pepton azotu, olgunlaşma indeksi, dış yapışkanlık değerleri ise artmıştır.

Beyaz peynirlerin üre-PAGE ve RP-HPLC yöntemleriyle de proteoliz düzeyleri belirlenmiştir. Enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması ve enzim oranına bağlı olarak  $\beta$ -CN degradasyonunda belirgin değişikliklerin olmadığı gözlenmiştir. MTG uygulanan peynirlerde  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünlerinin yağı azaltılmış kontrol peynirlerine göre biraz daha düşük olduğu belirlenmiştir. Rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerde de  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünleri, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulana peynirlere göre çok az daha yüksek olduğu görülmektedir. Enzim oranının artması peynirlerdeki  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünlerinin miktarında belirgin bir fark yaratmamıştır. Depolama süresine bağlı olarak  $\alpha_{s1}$ -CN parçalanma ürünlerinin miktarının arttığı saptanmıştır.

Enzim uygulaması peynirlerin peptid profilinde çok az değişime neden olmuştur. Enzim uygulanan peynirlerdeki pikler genel olarak yağı azaltılmış peynir örneğine benzerlik gösterse de, pik yoğunluğunun biraz daha düşük olduğu görülmektedir. Rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlerin oluşturduğu piklerin, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlere göre biraz daha yoğun olduğu belirlenmiştir (15. gün F örneği hariç). Enzim oranı arttıkça piklerin yoğunluğunun daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Depolama süreci boyunca tüm peynirlerde hidrofilik peptidleri temsil eden piklerin yoğunluğunda ilk 15 gün azalma ve daha



sonraki süreçte çok az artma görülmüş, hidrofobik peptidleri temsil eden piklerin yoğunluğunda ise peynirlerin proteolizine bağlı olarak artma meydana gelmiştir. Genel olarak bakıldığında MTG uygulaması ile peynirlerde peptid oluşumunun yavaşladığı tespit edilmiştir.

Beyaz peynirlerde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile mikroyapı da görüntülenmiştir. MTG enzimi uygulanan peynirlerde protein kümelerinin bir araya geldiği, gözeneklerin azaldığı ve böylece yağı azaltılmış kontrol peynirine göre daha sıkı bir mikrostrüktür oluştuğu saptanmıştır. Pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerdeki mikroyapının rennetle birlikte MTG ilave edilen peynirlere göre daha sıkı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca enzim oranı arttıkça yapının daha sıkılaştığı ve sudan oluşan boşlukların daha büyük olduğu, dolayısıyla yapıda daha fazla su tutulduğu da tespit edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen veriler ışığında MTG ilavesinin;

- verimde belirgin bir artış sağladığı (özellikle enzimin pıhtı kesiminden sonra katıldığı peynirlerde),
- Beyaz peynirlerin genel bileşim özellikleri üzerinde olumsuz etki yaratmadığı,
- proteolizi kısmen yavaşlattığı ve
- peynirin tekstürel ve duyuşsal özelliklerinde gelişme sağladığı saptanmıştır.

Sonuç olarak; yağ içeriği azaltılmış peynirlerde MTG enziminin başarıyla kullanılabileceği belirlenmiştir. Bulgularımıza göre en olumlu sonuç, pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan peynirlerde alınmıştır. De Sá ve Bordignon-Luis (2010) de süt jellerinde en iyi yapının pıhtı kesiminden sonra MTG uygulanan örneklerde elde edildiğini bildirmiştir. 0.50 ve 1.00 U/g protein düzeyinde MTG uygulanan peynirlerin özelliklerinin yağlı kontrol peynirine daha yakın olduğu belirlenmiş olup, MTG uygulaması için bu oranların rahatlıkla önerilebileceği kanısına varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- AALTONEN, T, HUUMONEN, I. and MYLLÄRINEN, P., 2014. Controlled transglutaminase treatment in Edam cheese-making. *International Dairy Journal* 38: 179-182.
- ABO EL-ELLA, W. M., ABDEL BAKY, A. A., ALY, M. E. and FOX, P. F., 1988. Effect of ripening temperatures on proteolysis and lipolysis in the Outer and Inner regions of Ras-type cheese Made by Various Salting Methods, *Food Chemistry* 28: 1-16.
- ABOUMAHMOUD, R. and SAVELLO, P., 1990. Crosslinking of whey protein by transglutaminase. *Journal of Dairy Research*, 73: 256-263.
- AGBOOLA, S., CHEN, S. J. and ZHAO, J., 2004. Formation of bitter peptides during ripening of ovine milk cheese made with different coagulants. *Lait*, 84: 567-578.
- AKAN, E., YERLİKAYA, O., KINIK, Ö., 2014. Yağı azaltılmış peynirlerde kalite özellikleri ve kaliteyi düzeltici uygulamalar, *Dünya Gıda Dergisi*, 62-67.
- AKBULUT, N., GÖNÇ, S., KINIK, Ö., UYSAL, H., AKALIN, S., KAVAS, G., 1996. Bazı tuzlama yöntemlerinin beyaz peynir üretiminde uygulanabilirliği ve peynir kalitesine etkileri üzerinde bir araştırma.(II): Kimyasal özelliklere etkileri. - E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:33, No:1, s:17-24, Bornova-İZMİR.
- AKGÜN, S., 1995. Beyaz peynir üretiminde *Lactobacillus sake*'nin starter kültür olarak kullanılması. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 42: 271-279.
- AKIN, N., 1998. Süte uygulanan bazı işlemlerin sütün pıhtılaşma niteliği üzerine etkisi. *Gıda*, 23 (2): 115-119.
- ALEXANDER, R. J., 1994. Carbohydrate used as fat replacer in Development in Carbohydrate Chemistry, pp. 343-370, ed. R.J. Alexander and H.F. Zobel. American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, Minnosota, MN, USA.
- ANONİM, 1989. Kaşar Peyniri Standardı. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- ANONİM, 1994. TS-1018 Çiğ İnek Sütü Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 15s.
- ANONİM, 1995. TS 591 Beyaz Peynir Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 9 s.
- ANONİM, 2012. Türkiye beden ağırlığı algısı araştırması. Sağlık Bakanlığı, Sağlık geliştirilmesi genel müdürlüğü, Ankara.
- ARGUMOSA, O. B., CARBALLO, J., BERNARDO, A., and MARTIN, R., 1992. Chemical Characterization of A Spanish Artisanal Goat Cheese (Babia-Laciana Variety). *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 10 (1): 69-79.
- ATASOY, A. F. ve AKIN, M. S., 1999. Peynirlerde Proteoliz ve Önemi, GAP I. Tarım Kongresi, 26-28 Mayıs, Şanlıurfa, 263-267.
- BACHMANN, H. P., 2001. Cheese analogues: a review *International Dairy Journal* 11;505-515.
- BARTELS, H. J., JOHNSON, M. E., OLSON, N. F., 1987. Accelerated ripening of Gouda cheese. I. Effect of heat- shocked Thermophilic Lactobacilli and Streptococci on proteolysis and flavor development. *Milchwissenschaft*, 42(2): 83-88.

- BEK, Y., EFE, E. Araştırma ve Deneme Metotları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi. Ders Notları No:71, Adana, (1995).
- BERCOVICI, D., GAERTNER, H. F. and PUIGSERVER, A. J., 1995. Transglutaminase-catalyzed incorporation of lysine oligomers into casein. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 35: 301-304.
- BLAKESLEY, R. W., and BOEZI, J. A., 1977. A New Staining Technique for Proteins in Polyacrylamide Gels Using Coomassie Brilliant Blue G250. *Analytical Biochemistry*, 82 (2): 580-581.
- BÖNISCH, M. P., LAUBER, S. and KULOZIK, U., 2004. Effect of ultra-high temperature treatment on the enzymatic cross-linking of micellar casein and sodium caseinate by transglutaminase. *Journal of Food Science*, 69(8): E398-E404.
- BÖNISCH, M. P., LAUBER, S. and KULOZIK, U., 2007. Improvement of enzymatic cross-linking of casein micelles with transglutaminase by glutathion addition. *International Dairy Journal*, 17: 3-11.
- BÖNISCH, M. P., HEIDEBACH, T. C. and KULOZIK, U., 2008. Influence of transglutaminase protein cross-linking on the rennet coagulation of casein. *Food Hydrocolloids*, 22: 288-297.
- BRENNAN, J. G., JOWITT, R. and MUGHSI, O. A., 1970. Some experiences with the GeneralFoods Texturometer. *Journal of Texture Studies*, 1: 167-184.
- BROADBENT, J. R., MCMAHON, D. J., OBERG, C. J., WELKER D, L., 2001. Use of exopolysaccharide-producing cultures to improve the functionality of low fat cheese. *Int. Dairy J.* 11 (4-7): 433-439.
- BRULE, G. and LENOIR, J., 1986. The coagulation of milk. In: Eck, A. (Ed.), *Cheese-making science and technology* (2d ed.). Lavoisier Publishing Inc., New York, pp. 1-21.
- CARTER, E. J. and SHERMAN, P., 1978. Evaluation of the firmness of Leichestre cheese by compression test with the Instron Universal Testing Machine. *Journal of Texture Studies*, 9: 311-324.
- CHEVANAN, N., MUTHUKUMARAPPAN, K., UPRETI, P. and METZGER, L. E., 2006. Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt-to-moisture ratio on textural properties of Cheddar cheese during ripening. *Journal of Texture Studies* 37(6):711-730.
- CHRISTENSEN, T. M. I. E, BECH, A. M, WERNER, H., 1991. Methods for crude fractionation (extraction and precipitation) of nitrogen components in cheese. *Int. Dairy Fed. Bull. No. 261*, Int. Dairy Fed., Brussels, Belgium. Page 5.
- CHRISTENSEN, B., SØRENSEN, E. S., HØJRUP, P., PETERSEN, T. E. and RASMUSSEN, L. K., 1996. Localization of potential transglutaminase cross-linking sites in bovine caseins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 1943-1947.
- CIRON, C. I. E, GEE, V. L, KELLY, A. L, AUTY, M. A. E., 2010. Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts. *Int Dairy J.* 20: 314–320.
- CİNBAŞ, T., KILIC, M., 2006. Proteolysis and lipolysis in White cheeses manufactured by two different production methods. *International Journal of Food Science and Technology*, Vol. 5, No. 41, s. 530- 537.

- CLARK, A. H. And LEE TUFFNELL, D. D., 1986. Gelation of Globular Proteins, in Functional Properties of Food Macromolecules, Elsevier, 203-272 pp.
- CLARK, A. H. and ROSS-MURPHY, S.B., 1987. Structural and mechanical properties of biopolymer gels, *Adv. Polym. Sci.*, 83, 57-192.
- COZZOLINO, A., DI PIERRO, P., MARINIELLO, L., SORRENTINO, A., MASI, P. and PORTA, R., 2003. Incorporation of whey proteins into cheese curd by using transglutaminase *Biotechnol. Appl. Biochem.* 38, 289–295.
- CREAMER, L. and OLSON, N., 1982. Rheological Evaluation of Maturing Cheddar Cheese. *Journal of Food Science*, 47, 632-636.
- CREAMER, L. K., 1991. Electrophoresis of Cheese. *Bulletin of IDF* 261, 14-28.
- ÇAĞLAR, A., TÜRKÖĞLU, H. ve ÇAKMAKÇI, S., 1996. Urfa peynirinin yapılışı ve bileşimi üzerine araştırmalar. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(13): 115-124.
- ÇELİKEL, A., 2012. Farklı oranlarda mikrobiyal transglutaminaz (MTGase) ile işlem görmüş sütlerden üretilen yarım yağlı ayranların bazı özellikleri. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A. B. D., Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- DALGLEISH, D. G., 1984. Measurements of electrophoretic mobilities and zeta potentials of particles from milk using “Laser Doppler Electrophoresis”. *Journal of Dairy Research*, 51; 425-438.
- DE JONG, G. A. H. and KOPPELMAN, S. J., 2002. Transglutaminase catalyzed reactions: Impact on food applications. *Journal of Food Science* 67, 2798-2806pp.
- DE JONG, L., 1978. Protein breakdown in soft cheese and its relation to consistency: 3. The micellar structure of Meshanger cheese. *Netherlands Milk Dairy Journal*, 32: 15-25.
- DE SÁ, E. M. F., and BORDIGNON-LUIZ, M. T., 2010. The effect of transglutaminase on the properties of milk gels and processed cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 63; 243-251
- DEMİRYOL, İ., 1983. İnek, koyun ve keçi sütleri ile yapılan ve farklı sıcaklıklarda olgunlaştırılan beyaz peynirlerin özellikleri üzerine araştırmalar. E.Ü. Ziraat Fakültesi, Doktora Tezi, İzmir, 67 s.
- DESMAZEAUD, M. J. and GRIPON, J. C., 1977. General mechanism of protein breakdown during cheese ripening. *Milchwiss.*, 32, 73 1-734.
- DICKINSON, E. and McCLEMENTS, D. J., 1995. *Advances in Food Colloids*. Blackie, 27-80 pp.
- DICKINSON, E., 1997. Enzymatic crosslinking as a tool for food colloid rheology control and interfacial stabilization. *Trends in Food Science and Technology*, 8: 334-339.
- DI PIERRO, P., MARINIELLO, L., SORRENTINO, A., GIOSAFATTO, C. V. L., CHIANESE, L., and PORTA, R., 2010. Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese, *Food Biotechnology*, 24:2, 107-120.
- DOĞAN, İ. S., KÜÇÜKÖNER, E., 1999. Düşük yağ ve kalori içeren gıdaların hazırlanmasında yağ ikamelerinin rolü. *Gıda* 24 (6): 417-424.
- DOI, E., 1993. Gels and gelling of globular proteins. *Trends Food Sci. Technol.*, 4, 1-5pp.

- DOMAGAŁA, J., PLUTA-KUBICA, A. and PUSTKOWIAK, H., 2013. Changes in Conjugated Linoleic Acid Content in Emmental-Type Cheese during Manufacturing. *Czech J. Food Sci.* 31(5): 432–437.
- DRAKE, M. A. and SWANSON, B. G., 1995. Reduced and low fat cheese technology, *Trends in Food Science and Technology*, 6: 366-369.
- ERDEM, Y. K., 1997. The effect of calcium chloride concentration and pH on the clotting time the renneting of milk. *Gıda*, 22(6): 449-455.
- EXTERKATE, F. A., VEER, G. J. C., and STADHOUDERS, J., 1987. Acceleration of the Ripening Process of Gouda Cheese by Using Heat-Treated Mixed-Strain Starter Cells. *Netherlands Milk Dairy Journal*, 41: 307-320.
- FAERGEMAND, M., MURRAY, B. S. and DICKINSON, E., 1997. Cross-linking of milk proteins with transglutaminase at the oil-water interface. *Journal of the Agriculture and Food Chemistry*, 45: 2514-2519.
- FAEGERMAND, M., MURRAY, B. S., DICKINSON, E. and QUVIST, K. B., 1999. Transglutaminase: effect on instrumental and sensory texture of set style yoghurt, *Milchwissenschaft*, 54, 563-566.
- FARNSWORTH, J. P., LI, J. and GUO, M. R., 2003. Improved structure and consistency of probiotic's milk yogurt. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 58 (2): 187.
- FOX, P.F., 1987. *Cheese: Chemistry, Physics, and Microbiology Vol. 2* (Ed: Fox, P.F.) Elsevier Applied Science, London.
- FOX, P. F., 1989. Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *Journal of Dairy Science*, 72: 1379-1400.
- FOX, P. F. and GRUFFERTY, M. B., 1991. Exogenous Enzymes in Dairy Technogy. *Food Enzymology* (Ed: P.F. Fox). Volume I, 219-269.
- FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M. and McSWEENEY, P. L. H., 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. Chapter 6. Maryland: Aspen Publication, 98-137 pp.
- FOX, P. F., LAW, J., McSWEENEY, P. L. H. and WALLACE, J., 1993. Biochemistry of cheese ripening. In Fox, P.F. (ed.), *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, Vol. 1, Chapman & Hall, London, pp. 389-438.
- FOX, P. F., SINGH, T. K., and MCSWEENEY, P. L. H., 1994. Proteolysis in cheese during ripening. In: *Biochemistry of milk products*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1-31 pp.
- FOX, P. F. and MCSWEENEY, P, L, H., 1996. Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International*, 12(4): 457-509.
- FOX, P. F, WALLACE, J. M, MORGAN, S, LYNCH, C. M, NILAND, E. J. and TOBIN, J., 1996. Acceleration of cheese ripening. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 70: 271–297.
- FRIEDMAN, H. H., WHITNEY, J. E. and SZCZESNIAK, A. S., 1963. The texturometer. A new instrument for objective texture measurement. *Journal of Food Science*, 28: 390-396.
- GASPAR, A. L. C. and DE GÓES-FAVONI, S. P., 2015. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food Chemistry* 171: 315–322.
- GERRARD, J. A., 2002. Protein-protein crosslinking in foods: methods, consequences, applications. *Trends in Food Science & Technology* 13: 391–399.

- GHODDUSI, H. B. and ROBINSON, R. K., 1996. The test of time. Dairy Indust Int 61: 25–28.
- GÖNCÜ, B., 2012. Dondurma üretiminde stabilizör olarak mikrobiyal transglutaminazdan yararlanma olanakları. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A. B. D., Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- GÖNÇ, S., 1984. Ülkemizde uygulanan Beyaz peynir (Edirne Peyniri) yapım tekniği, Beyaz peynir yapım tekniği ve karşılaşılan sorunlar, Eğitim Semineri, 2-3 Mart 1984, İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 14:54-77, İstanbul, 228 s.
- GRAPPIN, R., RANK, T. C., and OLSON, N. F., 1985. Primary proteolysis of cheese proteins during ripening, J. Dairy Sci., 68 , 531-540pp.
- GREEN, M. L. and CRUTCHFIELD, G., 1971. Density gradient electrophoresis of native and rennet-treated casein micelles. Journal of Dairy Research, 38: 151-164.
- GUINEE, T. P., FOX, P. F., 1987. Studies on Romano type cheese; general proteolysis. Dairy Science Abstract. 49:6019.
- GUNASEKARAN, S. and AK, M. M. (ed.), 2003. Cheese Rheology and Texture. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC.
- GÜRSOY, A., GÜRSEL, A., ŞENEL, E., DEVECİ, O. ve KARADEMİR, E., 2001. Yağ içeriği azaltılmış Beyaz peynir üretiminde *Lactobacillus helveticus* ve *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* kültürlerinin kullanımı. GAP II. Tarım Kongresi, Şanlıurfa, Ekim 24-26, 2001, s. 269-278.
- GÜVEN, M., ve KARACA, O. B., 2003. Peynirde olgunlaştırmanın hızlandırılması amacıyla proteolitik ve lipolitik enzimlerin kullanım olanakları. Dünya Gıda Dergisi, 9: 76-85.
- HAMADA, J. S., 1992. Modification of food proteins by enzymatic methods. Biochemistry of Food Proteins, Elsevier, 249-270 pp.
- HANNON, J. K., WILKINSON, M. G., DELAHUNTY, C. M., WALLACE, C. M., MORRISSEY, P. A. and BERESFORD, T. P., 2003. Use of Autolytic Starter Systems to Accelerate the Ripening of Cheddar Cheese. International Dairy Journal, 13 (11): 313-323.
- HAYALOĞLU, A. A., GUVEN, M., FOX P. F., HANNON, J. A., MCSWEENEY, P. L. H., 2004. Proteolysis in Turkish White-brined cheese made with defined strains of *Lactococcus*. International Dairy Journal 14:599–610.
- HAYALOĞLU, A. A., 2003. Starter Olarak Kullanılan Bazı *Lactococcus* Suşlarının Beyaz Peynirlerin Özellikleri Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 170 s.
- HAYALOĞLU, A. A. ve ÖZER, B., 2011. Peynirde olgunlaşmayı hızlandırma yöntemleri. Hayaloğlu, A. A. ve Özer, B. (ed.), Peynir Biliminin Temelleri (s. 211-234). Sidas Medya, İzmir.
- HAYALOĞLU, A. A., TOPÇU, A. ve KOCA, N., 2011. Peynir analizleri. Hayaloğlu, A. A. ve Özer, B. (ed.). Peynir Biliminin Temelleri (s. 489-562). Sidas Medya, İzmir.
- HAYASHI, K., REVELL, D. F., and LAW, B. A., 1990. Effect of partially purified extracellular serine proteinases produced by *Brevibacterium linens* on the accelerated ripening of cheddar cheese. Journal of Dairy Science, 73: 579-583.
- HAYAT, M. A., 1981. Principles and Techniques of Electron Microscopy Vol. 1., Edward Arlond Lt., London, 522 p.

- HINZ, K., HUPPERTZ, T., KULOZIK, U. and KELLY, A. L., 2007. Influence of enzymatic cross-linking on milk fat globules and emulsifying properties of milk proteins. *International Dairy Journal*, 17: 289-293.
- HUPPERTZ, T., and DE KRUIF, C. G., 2007. Rennet-induced coagulation of enzymatically cross-linked casein micelles. *International Dairy Journal*, 17: 442-447.
- HUPPERTZ, T., KELLY, A. and FOX, P. F., 2002. Effect of high pressure on proteins in milk. *International Dairy Journal*, 12: 561-572.
- IDF, 1982. Determination of the Total Solid Content (Cheese and Processed Cheese). IDF Standard 4A, Brussels: International Dairy Federation.
- IDF, 1993. Milk, determination of nitrogen content, FIL-IDF 20B, International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- IMM, J. Y, LIAN, P. and LEE, C. M., 2000. Gelation and water binding properties of transglutaminase-treated skim milk powder. *Journal of Food Science* 65 (2): 200-205.
- IMOTO, E. M., LEE, C. H. and RHA, C., 1979. Effect of compression ratio on the mechanical properties of cheese. *Journal of Food Science*, 44: 343-345.
- JAROS, D., JACOB, M., OTTO, C. and ROHM, H., 2010. Excessive cross-linking of caseins by microbial transglutaminase and its impact on physical properties of acidified milk gels. *International Dairy Journal*, 20: 321-327.
- JAROS, D., PARTSCHEFELD, C., HENLE, T. and ROHM, H., 2006. Transglutaminase in dairy products: chemistry, physics, and applications. *Journal of Texture Studies*, 37 (2): 113-155.
- JARRETT, W. D., ASTON, J. W. and DULLEY, J. R., 1982. A Simple Method for Estimating Free Amino Acids in Cheddar Cheeses. *Australian Journal of Dairy Technology*, 37: 55-58.
- KARAKUŞ, M., ALPERDEN, I., 1992. Beyaz peynirin olgunlaşma sürecinde mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerindeki değişimler. *Gıda Sanayi*, 6; 34-47.
- KARAMAN, A. D., AKALIN, A. S., 2013. Improving quality characteristics of reduced and low fat Turkish White cheeses using homogenized cream. *LWT - Food Science and Technology* 50: 503-510.
- KARAMAN, A. D, BENLİ, M. and AKALIN, A. S., 2012. Microstructure of industrially produced reduced and low fat Turkish white cheese as influenced by the homogenization of cream. *grasas y aceites*, 63 (3),
- KASHIWAGI, T., YOKOYAMA, K., ISHIKAWA, K., ONO, K., EJIMA, D., MATUI, H. and SUZUKI, E., 2002. Crystal structure of microbial transglutaminase from *Streptovorticillium mobarense*. *J. Biol. Chem.*, 277 (46): 44252-44260.
- KAVAS, G., OYSUN, G., KİNİK, O., UYSAL, H., 2004. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry* 88: 381-388.
- KHEADR, E. E., VUILLEMARD, J. C., and EL-DEEB, S. A., 2002. Acceleration of Cheddar cheese lipolysis by using liposome-entrapped lipases. *Food Chemistry and Toxicology*, 67 (2): 485-491.
- KIRIMHAN, E., Ü., 2011. Mikrobiyel transglutaminaz enziminin yoğurt dondurması Üretiminde kullanımı, yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara, 90 s.

- KIRMACI, Z., 2006. Koyun sütünden üretilen beyaz peynirlerde yağ ikame maddelerinin kullanım olanaklarının araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A. B. D, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa. 74 s.
- KIRMACI, H. A., 2005. Yağsız yoğurtlarda transglutaminaz enzimi kullanımının yoğurdun tekstürel özellikleri üzerine etkisi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A. B. D., Doktora Tezi, Şanlıurfa. 98 s.
- KIRMACI, H. A., HAYALOĞLU, A. A., ÖZER, B. H., AKÇELİK, M. and AKKOÇ, N. 2011. Proteolytic properties of Turkish white-brined cheese (Beyaz Peynir) made by using wild-type Lactococcal strains. International Journal of Dairy Technology, 64 (3): 394-401.
- KIRMACI, H. A., ÖZER, B. H. and TÜRKOĞLU, H., 2004. Effect of enzymatic cross-linking of proteins on textural properties of non-fat yoghurt, International Dairy Symposium Book, Isparta-Türkiye, Pp:386.
- KOÇAK, C., 1988. Süte uygulanan ısı işlemlerin sütün peynir mayası ile pıhtılaşma yeteneğine etkisi. Bursa 1. Uluslararası Gıda Sempozyumu Kitabı, s. 203-206.
- KOSEKI, T., KITABATAKE, N. and DOI, E., 1989. Irreversible thermal denaturation and formation of linear aggregates of ovalbumin. Food Hydrocolloids, 3; 123-134.
- KUCHROO, C.N., and FOX, P.F., 1982. Soluble nitrogen in Cheddar cheese: comparison of extraction procedures. Milchwissenschaft, 37 (6): 331-335.
- KURAIŞI, C., SAKAMOTO, J., and SOEDA, T., 1996. The usefulness of transglutaminase for food processing (G.R. Takeoka, R. Teranishi, P.J. Williams, and A. Kobayashi editörler). Biotechnology for Improved Foods and Flavors, ACS Symposium Series 637, USA.
- KURAIŞI, C., YAMAZAKI, K. and SUSU, Y., 2001. Transglutaminase: its utilization in the food industry. Food Reviews International, 17 (2): 221-246.
- KURT, A., 1984. Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metodları Rehberi, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum.
- KURTH, L. and ROGERS, P., J., 1984. Transglutaminase catalyzed crosslinking of myosin to soya protein, casein ve gluten. J. Food Sci., 49: 573-589.
- LANE, C. N, FOX, P. F, JOHNSTON, D. E and MCSWEENEY, P. L. H., 1997. Contribution of Coagulant to Proteolysis and Textural Changes in Cheddar Cheese During Ripening. Int. Dairy Journal 7: 453-464.
- LAW, B. A., 2001. Controlled and accelerated cheese ripening: The Research Base for New Technologies. International Dairy Journal, 11: 383-398.
- LAW, J., FITZGERALD, G. F., DALY, C., FOX, F. P. and FARKYE, N. Y., 1992. Proteolysis an flavor development in cheese made with the single starter *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* UC317 or *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* HP. Journal of Dairy Science, 75: 1173-1185.
- LE, T. T, CAMP, J. V., PASCUAL, P. A. L., MEESEN, G., THIENPONT, N., MESSENS, K., DEWETTINCK, K., 2011. Physical properties and microstructure of yoğurt enriched with milk fat globule membrane material. International Dairy Journal; 21: 798-805.
- LEE, S. K., ANEMA S. and KLOSTERMEYER, H., 2004. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. International Journal of Food Science and Technology, 39: 763-771.



- LEE, C. H., IMOTO, E. M. and RHA, C., 1978. Evaluation of cheese texture. *Journal of Food Science*, 43: 1600-1605.
- LIN, J. C. C., and JEON, I. J., 1987. Effects of commercial food grade enzymes on free fatty acid profiles in granular Cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 52 (1): 78-83.
- LIU, M. AND DAMODARAN, S., 1999. Effect of transglutaminase-catalyzed polymerization of  $\beta$ -casein on its emulsifying properties, *J. Agric. Food Chem.*, 47: 1514-1519.
- LÓPEZ-FANDIÑO, R. and ARDÖ Y., 1991. Effect of heat treatment on the proteolytic/peptidolytic enzyme system of a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strain. *Journal of Dairy Research*, 58 (04): 469-475.
- LORENZEN, P. CHR. and SCHLIMME, E., 1998. Properties and potential fields of application of transglutaminase preparations in dairying. *Bulletin of the IDF*, 332: 47-53.
- LORENZEN, P. CHR., 2000. Techno-functional properties of transglutaminase-treated milk proteins. *Milchwissenschaft*, 55 (12): 667-670.
- LORENZEN, P. CHR., NEVE, H., MAUTNER, A. and SCHLIMME, E., 2002. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. *International Dairy Journal*, 55 (3): 152-157.
- LORENZEN, P. C., NEVE, H., 2003. Enzymatic crosslinking of protein in the manufacture of fermented milk. *Internanional Dairy Federation - Fermented Milk*, 241-249.
- LUCEY, J. A., JOHNSON, M. E., and HORNE, D. S., 2003. Invited review: perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86: 2725-2743.
- MADKOR, S., FOX, P. F., SHALABI, S. I. and METWALLI, N. H., 1987. Studies on ripening of Stilton cheese: Lipolysis. *Food Chemistry.*, 25: 93-109.
- MASOTTI, F., CATTANEO, S., STUKNYTE, M., DE NONI, I., 2016. An analytical approach to reveal the addition of heat-denatured whey proteins in lab-scale cheese making. *Food Control*, 63: 28-33.
- MATSUMURA, Y. and MOTI, T., 1996. Gelation in methods of testing protein functionality, *Blackie*, 76-109 p.
- McSWEENEY, P. L. H., 2004. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology.*, 57 (2/3): 127-144.
- McSWEENEY, P. L. H., and FOX, P. F., 1997. Chemical Methods for the Characterization of Proteolysis in Cheese During Ripening. *Le Lait*, 77 (1): 41-76.
- McSWEENEY, P. L. H., HAYALOGLU, A. A., O'MAHONY, J. A. and BANSAL, N., 2006. Perspectives on cheese ripening. *Australian journal of dairy technology*, 61 (2): 69.
- McSWEENEY, P.L.H., POCHE, S., FOX, P.F., and HEALY, A., 1994. Partial Identification of Peptides from the Water-Soluble Fraction of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Research*, 61 (4): 587-590.
- McSWEENEY, P. L. H. and SOUSA, M. J., 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening. *Le Lait*, 80: 293-324.

- MESSENS, W., WAN CAMP, J. and HUYGHEBAERT, A., 1979. The use of high pressure to modify the functionality of food proteins. *Trends Foods Sci. Technol.*, 8: 107-112 p.
- METİN, M., 1977. Süt ve Mamullerinde Kalite Kontrol. Ankara Ticaret Borsası Yayınları No: 1., 352 s.
- METWALLY, A. M. M. E., 2007. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on properties of ice cream with different composition. *International Journal of Food Science and Technology*, 42: 939-947.
- MISTRY, V. V. , and ANDERSON, D. L., 1993. Composition and microstructure of commercial full-fat and low-fat cheeses. *Food Structure*, 12: 259–266.
- MISTRY, V. V., KASPERSON, K.M., 1998. Influence of Salt on the Quality of Reduced Fat Cheddar Cheese. *J. Dairy Sci.*, 81: 1214-1221.
- MISTRY, V. V., 2001. Low fat cheese technology. *International Dairy Journal*, 11(4-7): 413–422.
- MOATSOU, G., MASSOURAS, T., KANDARIKIS, I and ANIFANTAKIS, E. 2002. Evolution of proteolysis during ripening of traditional Feta cheese. *Lait*, 82: 601-611.
- MOTOKI, M. and SEGURO, K., 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 9: 204–210.
- MUIR, D.D., TAMIME, A.Y., SHENANA, M.E., and DAWOOD, A.H., 1999. Processed cheese analogues incorporating fat substitutes, 1. Composition, Microbiological Quality and Flavor Changes During Storage at 5°C. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*,32: 41-49.
- NEEDS, E. C., STENNING, R., GILL, A. L., FERRAGUT, V. and RICH, G. T., 2000. High pressure treatment of milk: Effects on casein micelle structure and on enzymatic coagulation. *Journal of Dairy Research*, 67: 31-42.
- NIEUWENHUIZEN, W. F., DEKKER, H. L., De KONING, L. J., GRONEVELD, T., DE KOSTER, C. G. and DE JONG, G. A. H., 2003. Modification of glutamine and lysine residues in holo and apo alpha-lactalbumin with microbial trasglutaminase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (24): 7132-7139.
- O'REILLY, C. E., KELLY, A. L., MURPHY, P. M. and BERESFORD, T. P., 2001. High pressure treatment: application in cheese manufacture and ripening. *Trends in Food Science and Technology*, 12: 51-59.
- O'SULLIVAN, M. M., KELLY, A. L. and FOX, P. F., 2002. Influence of transglutaminase on some physico-chemical properties of milk. *Journal of Dairy Research*, 69: 433-442.
- O'SULLIVAN, M. M., LORENZEN, P. C., O'CONNELL, J. E., KELLY, A. L., SCHLİIMME, E., FOX, P. F., 2001. Short communication: Influence of transglutaminase on the heat stability of milk. *J. Dairy Sci.*, 84, 1331-1334.
- OMAR, M. M., 1984. Microstructure, free aminoacids and free fatty acids in Ras cheese. *Food Chemistry*, 15: 19-24.
- ÖNER, Z., KARAHAN, A. G., AYDEMİR, S. and ALOĞLU, H., 2004. Effect of transglutaminase on physicochemical properties of set-style yoghurt. *International Dairy Symposium Book*. Isparta, Turkey. 386p.
- ÖZDEMİR, E., 1998. *Lactobacillus sake* kullanılarak üretilen ve vakum paketlenen geleneksel Beyaz peynirlerin raf ömürlerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Ankara.

- ÖZDEMİR, S., ÇELİK, S., ÖZDEMİR, C. and SERT, S., 1998. The microbiological and chemical properties of orgu cheese produced in Karacadag region of Diyarbakir, Turkey. In National Productivity Center Publ. No. 621: 154-159.
- ÖZER, B. H., 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Yayıncılık, İzmir, 490 s. (ISBN: 975-9944-5660-0-4)
- ÖZER, B., ATASOY, F. and AKIN, S., 2002. Some properties of Urfa cheese (a traditional white-brined Turkish cheese) produced from bovine and ovine milks. *International Journal of Dairy Technology*, 55 ( 2): 94–99.
- ÖZER B., HAYALOĞLU A. A., YAMAN, H., GÜRSOY, A., ŞENER, L., 2013. Simultaneous use of transglutaminase and rennet in white-brined cheese production. *International Dairy Journal* 33: 129-134.
- ÖZER, B. H, KIRMACI, H. A., ÖZTEKİN, Ş., HAYALOĞLU, A. and ATAMER, M., 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *International Dairy Journal*, 17: 199-207.
- ÖZER, B. H., YETİŞMEYEN, A., URAZ, G., AKIN, S., ATASOY, F. ve DEVECİ, O., 2002. Ultrafiltrasyon tekniği ile üretilen Urfa peynirlerinin bazı kalite özellikleri ve patojen mikroorganizmaların Urfa peynirinde yaşam süreleri. Kesin Sonuç Raporu, TÜBİTAK, Proje No: TARP 2536, 174 s.
- ÖZRENK, E., 2006. The use of Transglutaminase in dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, Vol 59 No 1.
- ÖZTEK, L., 1983. Kars İlinde Yapılan Kaşar Peynirlerinin Yapılışları, Bileşimleri ve Olgunlaşmaları Üzerinde Araştırmalarla Bunların Diğer Peynir Çeşitleri ile Kıyaslanmaları, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 528, 184s.
- PEARSE, K. N., 1976. Moving boundary electrophoresis of native and rennet-treated casein micelles. *Journal of Dairy Research*, 43: 27-36.
- PHILLIPS, L. G., WHITEHEAD D. M., KINSELLA, J., 1994, Structure-Function properties of food proteins, Academic Press, 241 p.
- POLYCHRONIADOU, A., MICHAELIDOU, A., and PASCHALOUDIS, N., 1999. Effect of Time, Temperature and Extraction Method on the Trichloroacetic Acid-Soluble Nitrogen of Cheese. *International Dairy Journal*, 9 (8): 559-568.
- QVIST, K. B., 1987. Objective and sensory assessment of texture of Danbo cheese made from milk concentrated 2-fold using ultrafiltration. Report No. 272 of the Danish Government Research Institute for Dairy Industry, Hillerod, Denmark.
- RANK, T. C., GRAPPIN, R., and OLSON, N. F., 1985. Secondary proteolysis of cheese during ripening: A review, *Journal of Dairy Science*, 68: 801-805.
- RAPHAELIDES, S., ANTONIOU, K. D., and PETRIDIS, D., 1995. Texture Evaluation of Ultra filtered Teleme Cheese. *Journal of Food Science*, 60 (6): 1211-1215.
- RODRIGUEZ-NOGALES, J. M., 2006. Effect of preheat treatment on the transglutaminase-catalyzed cross-linking of goat milk proteins. *Process Biochemistry*, 41 (2): 430-437.
- SAKAMOTO, H., KUMAZAWA, Y. and MOTOKI, M., 1994. Strength of protein gels prepared with microbial transglutaminase as related to reaction conditions. *Journal of Food Science*, 59 (4): 866-871.
- SANDINE, W. E. and ELLIKER, P. R. J., 1981. *Agricultural Food Chemistry*, 18: 557p.
- SARANTINOPOULOS, P., KALANTZOPOULOS, G. and TSAKALIDOU, E., 2002. Effect of *Enterococcus faecium* on microbiological, physicochemical and

- sensory characteristics of Greek Feta cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 76: 93-105.
- SAYADI, A., MADADLOU, A. and KHOSROWSHAHI, A., 2013. Enzymatic cross-linking of whey proteins in low fat Iranian white cheese. *International Dairy Journal* 29: 88-92
- SCHORCH, C., CARRIE, H. and NORTON, I. T., 2000. Cross-linking casein micelles by a microbial transglutaminase: influence of cross-links in acid-induced gelation. *International Dairy Journal*, 10: 529-539.
- SCOLARI, G., VESCOVO, M., SARRA, P. G., and BOTTAZZI, V., 1993. Proteolysis in Cheese Made with Liposome- Entrapped Proteolytic Enzymes. *Lait*, 73: 281-292.
- SCOTT, R., 1981. *Cheesemaking Practice*. Applied Science Publishers, London.
- SEZGİN, E., ÇETİN, T., ŞENEL, E., DEVECİ, O. ve BENLİ, M., 2008. Transglutaminaz enziminin yoğurt üretiminde kullanılması üzerinde araştırmalar. Araştırma Projesi. Tübitak- Tovag. Proje No: 105160
- SHARMA, R., LORENZEN, P. C. and QVIST, K. B., 2001. Influence of transglutaminase treatment of skim milk on the formation of  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamyl) lysine and the susceptibility of individual proteins towards crosslinking, *International Dairy Journal*, 11: 785-793.
- SHAW, M. B., 1986. Modern cheesemaking: soft cheeses. In Robinson, R.K. (ed.), *Modern Dairy Technology, Advances in Milk Products*, Vol. 2. Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 159-214.
- SOLORZA, J.F., 1996. Study of the effect of different factors on the rheological properties of a soft cheese. Ph.D. Thesis, the University of Reading, Reading, U.K, p. 250.
- SOUSA, M. J., ARDÖ, Y., and MCSWEENEY, P. L. H., 2001. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11: 327-345.
- STANLEY, D. W. and EMMONS, D. B., 1977. Cheddar cheese made with bovine pepsin. 2. Texture, microstructure and composition relationships. *Journal of Institute of Canadian Science and Technology Alimentarius*, 10: 78-84.
- SZCZESNIAK, A. S., 1963. The texturometer. A new instrument for objective texture measurement. *Journal of Food Science*, 28: 390-396.
- ŞANLI, T., 2009. Transglutaminaz enzimiyle proteini modifiye edilmiş süttten yapılan ayranların bazı niteliklerinin araştırılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara, 114s.
- ŞANLI, T., SEZGİN, E., ŞENEL, E. ve BENLİ, M., 2011. Geleneksel yöntemle ayran üretiminde transglutaminaz kullanımının ayranın özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 36 (4): 217-224.
- ŞENER, L. G., 2012. Beyaz peynir üretiminde transglutaminaz enzimi kullanım olanakları. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bolu, 93s.
- TAMIME, A. Y. and ROBINSON, R. K., 1999. *Yoghurt Science and Technology*, Second Edition , Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 619 p.
- TOPÇU, A., 2004. Kasar ve Beyaz Peynirlerde Acılaşmaya Yol Açan Peptidlerin Saptanması ve Acılaşmada Depolama Kosulları ile Starter Kültürlerinin Etkisinin incelenmesi, Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 158 s.

- TRAORÈ, F. and MEUNIER, J. C., 1992. Crosslinking activity of placental F XIIIa on whey proteins and casein Journal of Agriculture and Food Chemistry, 40: 399-402.
- TRUJILLO, A. J., GUAMIS, B., LAENCINA, J. and LOPEZ, M. B., 2000. Proteolytic activities of some milk clotting enzymes on ovine casein. Food Chemistry, 71: 449-457.
- TUNICK, M. H., 2000. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. Journal of Dairy Science, 83: 1892-1898.
- URAZ, T., ve ŞİMŞEK, B., 1998. Ankara Piyasasında Satılan Beyaz Peynirlerin Proteoliz Düzeyi Üzerine Araştırmalar. Gıda 23 (5): 371-375.
- VAN VLIET, T., 1991. Terminology to be used in cheese rheology. In: Rheological and fracture properties of cheese. IDF Bulletin, No: 268, p. 5-15.
- VASBINDER, A. J., ROLLEMA, H. S., BOT, A. and DE KRUIF, C. G., 2003. Gelation mechanism of milk as influenced by temperature and pH; studied by the use of transglutaminase cross-linked casein micelles. Journal of Dairy Science, 86: 1556-1563.
- WALLACE, J. M., and FOX, P. F., 1997. Effect of adding free amino acids to cheddar cheese curd on proteolysis, Flavour and Texture Development. International Dairy Journal, 7: 157-167.
- WALSTRA, P., WOUTERS, J. T. M. and GEURTS, T. J., 2006. Dairy Science and Technology. Taylor and Francis Group, London, New York, 763 p.
- WILES, P. G., GRAY, I. K, KISSLING, R. C., 1998. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. J AOAC Int., 81 (3): 620-32.
- XU, Z. M, EMMANOUELIDOU, D. G., RAPHAELIDES, S. N. and ANTONIOU, K. D., 2008. Effects of heating temperature and fat content on the structure development of set yoğurt. Journal of Food Engineering, 85:4, 590-597.
- YAŞAR, K., 2007. Farklı pıhtılaştırıcı enzim kullanımının ve olgunlaşma süresinin kaşar peynirinin özellikleri üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- YAYGIN, H., 1979. Peynirlerin tuzlanması sırasında salamurada oluşan değişimler. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 16: 11-20.
- YETİŞMEYEN, A., 1995. Süt Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1420/420, Ankara, 229 s.
- YETİŞMEYEN, A. ve YILDIZ, F., 2001. Ankara piyasasında satılan Urfa peynirlerinin mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşsal niteliklerinin saptanması. GAP II. Tarım Kongresi, 24-26 Ekim, Şanlıurfa, 259-268.
- YILDIRIM, M., YILDIRIM, Z. ve AVŞAR, Y. K., 2000. Süt endüstrisinde transglutaminaz enziminden yararlanma olanakları, VI. Sütçülük Sempozyumu, 10-11 Mayıs, Tekirdağ, s 472-479.
- YILMAZTEKİN, M., 2001. Beyaz peynir üretiminde *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*'dan yararlanma olanakları üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 102s.
- YOKOYAMA, K., NIO, N. and KIKUCHI, Y., 2004. Properties and applications of microbial transglutaminase. Applied Microbiology and Biotechnology 64: 447-454.

- YÖNEY, Z., 1973. Süt ve mamülleri muayene ve analiz metotları. Baskı. A. Ü. Basımevi, 234 s.
- YÜKSEL, Z., 2007. Transglutaminazın süt proteinlerinin bazı işlevsel özelliklerinin değişimi üzerine etkisi ve yoğurt ve peynire uygulanabilirliği. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 121s.
- YÜKSEL, Z., AVCI, E. and ERDEM, Y. K., 2011. Modification of the rennet process in Berridge substrate by transglutaminase. *International Journal of Dairy Technology*, 64 (3): 365-371.
- YÜKSEL, Z., ERDEM, Y. K., 2010. "The influence of transglutaminase treatment on functional properties of set yoghurt", *International Journal of Dairy Technology*, pp.86-97.
- ZHU, Y., RINZEMA, A., TRAMPER, J. and BOL, J., 1995. Microbial transglutaminase-A review of its production and application in food processing, *Appl. Microbiol Biotechnol.*, 44: 277-282.
- ZISU, B. and SHAH, N. P., 2004. Textural and functional changes in low fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. *International Dairy Journal*, 15: 957- 972.
- ZOON, P., 1991. The relation between instrumental and sensory evaluation of the rheological and fracture properties of cheese. In: *Rheological and fracture properties of cheese*. IDF Bulletin, No: 268, pp. 30-34.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı :** Leyla EREN KARAHAN  
**Uyruğu :** T.C  
**Doğum Yeri ve Tarihi :** Batman-18.06.1984  
**Telefon :** 0 488 217 35 03  
**Mail :** leyla.karahan@batman.edu.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
<b>Lise:</b>	Atatürk Lisesi (Y.D.A.L.), Merkez, Adıyaman	2002
<b>Üniversite:</b>	Harran Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, Şanlıurfa	2006
<b>Yüksek Lisans:</b>	Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa	2009
<b>Doktora:</b>	Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa	2016

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011-halen	Batman Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

### UZMANLIK ALANI

Süt Teknolojisi

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### YAYINLAR

- AKIN M. B., AKIN M. S., VARDİN H., EREN L., 2009, Emülsiyon tekniğiyle tereyağı içerisinde kapsüllenen *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*'un stirred tip meyveli yoğurtlarda ve in vitro koşullarda canlı kalma sürelerinin araştırılması (TÜBİTAK projesi, bursiyer araştırmacı).
- EREN, L, DİNÇ, F., HAYOĞLU, İ., 2012. Şanlıurfada yöresel olarak yapılan turşuların çabuk yöntemle karşılaştırılması. 1. Uluslararası Adriyatikten Kafkaslara Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 15-17 Nisan 2010, Tekirdağ, s.656-658.
- EREN KARAHAN, L., 2015. Transglutaminaz enzimi ve süt ürünlerinde kullanımı. Yaşam Bilimleri Dergisi , 5 (2), 200-216. (Doktora tezinden yapılmıştır)

- EREN KARAHAN, L., AKIN, M. S., AKIN, M. B., ŞENOCAK SORAN, G., KARAHAN, A. M., 2015. Investigation of chemical, textural and microbiological quality of yoghurts marketed in Batman Province. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, October, 1-4, 2015, Sarajevo/ Bosnia and Herzegovina, s.237.
- EREN KARAHAN, L., ARSLAN, S., 2012. Batman'da satışı sunulan salamura peynirlerin bazı kimyasal ve tekstürel özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Süt Endüstrisinde Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, 15-16 Kasım 2012, Denizli. s.110.
- EREN KARAHAN, L., ÇELİK, K. S., AKIN, M. S., KARAHAN, A. M., 2014. Mardin'de geleneksel bir tatlı "Havdel". 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 17-19 Nisan 2014, Adana. S. 391-394.
- EREN KARAHAN, L., KARAHAN, A. M., AKIN, M. S., AKIN, M. B., 2012. Estel pastası. 3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 10-12 Mayıs 2012, Konya. s. 172.
- GÜLER-AKIN, M. B., AKIN, M. S., ATASOY, A. F., KIRMACI, H. A., EREN-KARAHAN, L., 2012. Accelerated kashar cheese ripening with encapsulated lipase and protease enzymes. Italian journal food science, 24: 358-366.
- KARAHAN, A. M., KÖTEN, M., EREN-KARAHAN, L., 2012. Peynir altı suyunun ekmekte kullanımı. Süt Endüstrisinde Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, 15-16 Kasım 2012, Denizli. s.112.
- ŞENOCAK SORAN, G., EREN KARAHAN, L., AKIN, M. B., 2015. Contamination sources of traditional küncümot manufacturing method. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, October, 1-4, 2015, Sarajevo/ Bosnia and Herzegovina, s.639.