



The Physico-Chemical and Microbial Content of White Cheese Obtained Using Plant-based, Animal and Microbial Enzymes

Pelin Ertürkmen^{1,a,*}, Sinan Akbal^{2,b}, Zerrin Arısoy^{3,c}

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Burdur/Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, Acıpayam Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Denizli/Türkiye

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta/Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 25/07/2022 Accepted : 22/09/2022</p> <p>Keywords: White cheese Microbial enzyme Plant enzyme Chymosin Rennet</p>	<p>It is required to increase the amount of coagulant enzyme substitutes obtained from various sources that are equivalent to animal rennet in order to meet the rising demand for cheese. This study looked into the availability of plant-based enzymes as an alternative to rennet made from animals and microorganisms, which are frequently employed in the manufacturing of white cheese. Using animal (100% chymosin), microbial (obtained from <i>Muchor miehei</i>), and plant-based (Safflower seed, 80% chymosin-20 percent pepsin, purified from <i>Cartamus tinctorius L.</i>) enzymes, 6 varieties of raw and pasteurized milk cheese were made for this purpose. The values of SH, ripening index, water-soluble nitrogen (WSN), nitrogen dissolved in trichloroacetic acid (TCA), and yeast-mold increased after storage in cheeses made with various coagulant enzymes. During storage, the values for dry matter, pH, protein, Total Aerobic Mesophilic Bacteria (TAMB), lactobacilli, lactococci and coliforms all reduced. In terms of L*, a* and b* values, different rennet usage was discovered to be significant among cheese samples. The casein protein began to hydrolyze and the strength of the bands decreased in SDS-PAGE with the breakdown of the α-casein and β-casein fractions on the 90th day of maturation in P1 and P4 numbered cheeses, which used plant-based enzyme made from raw and pasteurized milk. These changes in casein fractions resulted in a bitter taste in cheese made with plant-based enzymes. The use of plant-based enzymes in the manufacturing of white cheese was shown to produce results that were comparable to those of animal and microbial enzymes and did not have any negative effects on the cheese's physicochemical and microbiological quality parameters. When making fresh white cheese, the plant-based enzyme extracted from <i>Carthamus tinctorius L.</i> can be employed as a promising source of plant coagulants.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(11): 2252-2262, 2022

Bitkisel, Hayvansal ve Mikrobiyal Enzim Kullanılarak Elde Edilen Beyaz Peynirlerin Fiziko-Kimyasal ve Mikrobiyal İçeriklerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 25/07/2022 Kabul : 22/09/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Beyaz peynir Mikrobiyal enzim Bitkisel enzim Kimoazin Rennet</p>	<p>Artan peynir ihtiyacını karşılamak için hayvansal rennete eşdeğer farklı kaynaklardan elde edilen pıhtılaştırıcı enzim ikamelerin artırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, Beyaz peynir üretiminde yaygın olarak kullanılan hayvansal ve mikrobiyal enzim mayalarına alternatif olarak bitkisel enzimlerin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla hayvansal (%100 kimoazin), mikrobiyal (<i>Muchor miehei</i>'den elde edilen) ve bitkisel (Aspir tohumu, <i>Cartamus tinctorius L.</i>'dan saflaştırılan, %80 kimoazin-%20 pepsin) enzim kullanılarak çiğ ve pastörize süttten elde edilen 6 çeşit peynir üretilmiştir. Farklı pıhtılaştırıcı enzim kullanımı ile üretilen peynirlerde SH, olgunlaşma indeksi, suda çözünür azot (SÇA), Triklorasetik asitte çözünen azot (TCA), maya-küf değerleri depolama süresinde artış göstermiştir. Kurumadde, pH, protein, Toplam Aerobik Mezofil Bakteri (TAMB), laktobasil, laktokok ve koliform değerlerinde depolama süresince azalma görülmüştür. Peynir örnekleri arasında farklı maya kullanımının L*, a* ve b* değerleri açısından önemli olduğu saptanmıştır. Olgunlaşmanın 90. gününde çiğ ve pastörize sütlerden üretimi yapılmış bitkisel enziminin kullanıldığı P1 ve P4 numaralı peynirlerde kazein proteininin hidrolizasyona başladığı belirlenmiştir. α-kazein ve β-kazein fraksiyonlarının parçalanmasıyla beraber SDS-PAGE'de bantların yoğunluğunda azalış meydana geldiği görülmüştür. Kazein fraksiyonlarındaki bu değişiklikler bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirlerde acı tat meydana getirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Beyaz peynir üretiminde bitkisel enzim kullanımının; peynirin fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik kalite kriterlerinde herhangi bir olumsuzluğa neden olmadığı, hayvansal ve mikrobiyal enzim ile benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. <i>Cartamus tinctorius L.</i>'dan elde edilen bitkisel enzim, taze olarak tüketilebilen Beyaz peynir üretiminde umut verici bir bitkisel pıhtılaştırıcı kaynağı olarak kullanılabilir.</p>

^a pelin_bozkurt07@hotmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-4321-7886>

^c sakbal@pau.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-5928-1917>

^c zerrinarisoy@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8413-7607>



Giriş

Peynir; sütün çiğ ya da pastörize edildikten sonra uygun enzimlerle pıhtılaştırılarak ve peynir çeşidine uygun üretim tekniklerinin uygulanması sonucu elde edilen, olgunlaştırılmadan ya da olgunlaştırıldıktan sonra tüketilebilen, çeşide özgü, renk, koku, aroma ve tat gibi karakteristik özellikler gösteren bir süt ürünüdür. Daha önceleri, sütün raf ömrünü uzatmak için üretilse de artık duyusal ve besleyici nitelikleri için satın alınan zengin bir besindir (Fox ve ark., 2016). Oldukça önemli proteinler, yağ asitleri, mineraller, vitamin kaynaklarını içermesinde dolayı besleyici içerdiği yüksek bir gıdadır (Mureşan ve ark., 2021). Biyolojik aktif maddeler içeriğinden dünya çapında en çok tüketilen besinlerden biri olmuştur (Diana ve ark., 2014). Geleneksel Türk Beyaz peyniri Türkiye’de en çok üretimi ve tüketimi yapılan peynir çeşidi olup, önemli bir ekonomik değere sahiptir (Karagül-Yüceer ve ark., 2006).

Peynir yapımında sütü pıhtılaştırmada etkili olan enzimler bitkilerden, hayvanlardan ve mikrobiyal kaynaklardan elde edilen asit proteazlardır (Egito ve ark., 2007; Çakmakçı ve ark., 2017). Proteolitik enzimler; sütte bulunan proteinleri farklı şekilde parçalarlar. Proteinlerin hidrofilitelerine göre değişen düzeylerde sulu ortamda çözünürlük kazandırır (Serteser ve Gök, 2003). Peynirin veriminde, tekstüründe (elastikiyet, kırılabilirlik, yapışkanlık, sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik) ve aroma bileşenlerinde (özellikle ransid tat) değişikliğe sebep olurlar (Garcia ve ark., 2012).

Hayvansal kaynaklı pıhtılaştırıcılar, süttten kesilmemiş buzağuların midelerinin dördüncü bölümü (şirden) kısmından elde edilen kimozi, kimotripsin, tripsin ve pepsin enzimleridir (Yetişmeyen, 2007). Bu enzimlerden tripsin ve kimotripsin; proteolitik etkileriyle peynirde çoğunlukla acı tad oluşumuna yol açan peptidlerin oluşumu ve bazen de pıhtıyı yeniden parçalayabileceklerinden peynir üretiminde tercih edilmemektedir. Bu sebeplerden dolayı yaygın olarak kullanılan enzim kimozi (Üçüncü, 2004). Buzağı renneti kaynağının az bulunur ve pahalı olması, vejeteryan beslenme alışkanlığına uygun olmayışı gibi etkenlerden dolayı süt teknolojisinde yeni ikame olarak bitkisel pıhtılaştırıcıların kullanımı artış göstermiştir (Fadıoğlu 2001; Bornaz vd., 2010). Son zamanlarda, yüksek kalite ve tat da peynir üretimi için sütü pıhtılaştırılmasında bitkilerin kullanıldığı çalışmalar yapılmaktadır (Garcia ve ark., 2016).

Çeşitli ekstraksiyon yöntemleri ile bitkilerin (meyve, kök, gövde, yaprak, çiçek ve tohum gibi) farklı kısımlarından elde edilen proteolitik bitkisel enzimler sütü pıhtılaştırılabilmektedir (Üçüncü, 2015). Bitkisel enzimlerin kullanımında bitki seçimi, mayanın kullanım miktarı ve peynirin olgunlaşma süresi önemlidir. Sütü pıhtılaştırma özelliğine sahip olan otuzdan fazla bitkinin var olduğu, bu bitkilerin içerdiği enzimlerin pastörize ve yüksek pH’lardaki sütleri de etkili şekilde pıhtılaştırabildiği belirtilmektedir (Akar ve Öner, 1994; Say ve Güzeller, 2016). Bitki kökenli süt pıhtılaştırma enzimleri kullanılarak peynir yapımı dünyada çoğunlukla Portekiz, İspanya ve Afrika gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmıştır (Raposo ve Domingos, 2008; Say ve Güzeller, 2016). Romalı asker Lucius Junius Moderatus

Columella tarım alanında yaptığı araştırmada (De Re Rustica (MS 50), *Cynara cardunculus* (yabani devedikeni çiçeği), *Carthamus tinctorius* (aspir) tohumlarının ve incir ağaçlarından elde edilen öz suların küçük geviş getiren hayvanlardan elde edilen sütü pıhtılaştırmak için kullanılmasından bahsetmiştir (Fox ve McSweeney, 2004; Almeida ve ark., 2018). Portekiz ve İspanya’nın bazı bölgelerinde, *C. cardunculus* L.’nin kurutulmuş çiçeklerinden elde edilen ekstraktların peynir mayası olarak kullanımı, eski zamanlardan beri birçok geleneksel yüksek kaliteli koyun ve keçi peyniri çeşidinin üretimi için başarıyla sürdürülmekte ve bitkisel proteazların daha yaygın kullanılabilirliğini de güçlendirmektedir (Sousa ve Malcata, 2002; Reis ve Malcata, 2011). Bunun yanında bitki kökenli enzimlerin yüksek proteolitik aktivitelerinden dolayı, peynir yapımı sırasında kullanımları randımanında düşüş, pıhtı niteliklerinde zayıflama, tekstürde yumuşama ve ransid (acı tat) oluşumu gibi kusurlardan dolayı sınırlı olabilmektedir (Sousa ve Malcata, 2002; Yetişmeyen, 2007; Çardak, 2014; Say ve Güzeller, 2016).

Artan peynir ihtiyacını karşılamak için hayvansal rennete eşdeğer mikrobiyolojik ve bitkisel kaynaklardan elde edilen pıhtılaştırıcı enzim ile ilgili çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada hayvansal (%100 kimozi), mikrobiyal (*Muchor miehei*)’den elde edilmiş ve bitkisel (*Cartamus tinctorius* L. ‘dan saflaştırılan, %80 kimozi-%20 pepsin) enzimler kullanılarak iki tekerrürlü Beyaz peynir üretilmiştir. 4°C’de 3 ay depolanan peynirlerin 0., 30., 60. ve 90. gün analizleri yapılarak sonuçlar peynir türleri ve olgunlaşma zamanı bakımından istatistiksel olarak kıyaslanmış ve farklı kaynaklardan elde edilen enzimlerin Beyaz peynirde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

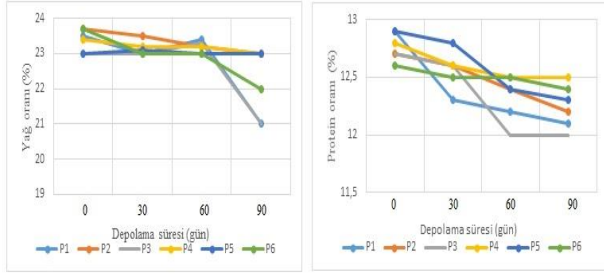
Beyaz peynir yapımında çiğ ve pastörize inek sütü kullanılmıştır. Isparta ilinden temin edilen sütler iki tekerrür olarak peynir üretiminde kullanılmıştır. Peynir üretiminde hayvansal (%100 kimozi, Chr. Hansen, Chy Max Plus 200 IMCU), mikrobiyal (*Muchor miehei*, Danisco, MMarzyme 55 800 IMCU) ve bitkisel (Aspir tohumu, *Cartamus tinctorius* L. ‘dan saflaştırılan, %80 kimozi-%20 pepsin) (Calza Clemente SRL, İtalya) enzim kullanılmıştır.

Peynir Yapımı

Pastörize ve çiğ inek sütleri ile Süleyman Demirel Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Süt Teknolojisi Laboratuvarında Beyaz peynir üretimi gerçekleştirilmiştir. Platform testlerinin ardından 30 L çiğ süt, 72°C de 15 sn pastörizasyon işlemine tabi tutulmuş ve ardından 32-34°C’ye soğutulularak 10’er litrelik kısımlar halinde peynir teknelerine aktarılmıştır. Tekneler CaCl₂ çözeltisi ile saf halde aktifleştirilmiştir. Hayvansal, mikrobiyal ve bitkisel enzim ile 15 dakika içerisinde ilk pıhtı görülecek oranda maya kuvvet testi hesaplanmıştır. 30’ar litre çiğ ve pastörize inek sütü kullanılarak toplam 6 grup süte maya ilavesi yapılarak süt kesim olgunluğuna gelene kadar beklenmiştir.



Şekil 1. Peynir üretimi
Figure 1. Cheese production



Şekil 2. Peynir örneklerinin yağ (%) ve protein (%) oranları

Figure 2. Cheese samples of fat (%) and protein (%) ratios

Oluşan pıhtı peynir kesme bıçakları yardımı ile yaklaşık olarak 1 cm³'lük küpler halinde kesilmiştir. 15 dakika beklendikten sonra özel baskı kalıplarında süzülme bırakılmıştır (Şekil 1). Süzme işleminin ardından peynir örnekleri kalıplardan çıkarılmıştır. Plastik kaplara alınarak %7'lik salamura çözeltisi ilave edilmiştir. Peynir örnekleri 4°C'de 90 gün ile olgunlaşmaya bırakılmıştır. Depolamanın 0. 30. 60. ve 90. günlerinde analiz edilmiştir.

Fiziko-Kimyasal Analizler

Peynirlerin fizikokimyasal bileşimini belirlemek amacıyla pH, toplam asitlik, yağ, kurumadde, toplam protein ve renk analizleri yapılmıştır. Farklı maya kullanılarak üretilen Beyaz peynirlerde kuru madde analizi IDF (1987)'ye göre, yağ analizi Gerber yöntemi kullanılarak Anonim (1978)'e göre, peynirlerin titrasyon asitliği TSE 591'e göre gerçekleştirilmiştir. pH değerlerinin ölçümü pH Metre (inolab WTW dijital) ile doğrudan gerçekleştirilmiştir. Örneklerin renk ölçümleri renk ölçüm cihazı (Precise Color Reader, TCR 200) ile üç paralelli ve ikinci tekrerrür de aynı olacak şekilde L*, a*, b* değerleri saptanmıştır. Ölçüm öncesi cihazının standardı ile kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Toplam Azot, Suda Çözünür Azot (SÇA) ve Trikloroasetik Asitte (TCA) Çözünür Azot Oranı Tayini

Yaş yakma işlemi yapılan örneklerin toplam azot oranları, mikro-Kjeldahl metodu ile tespit edilmiştir (AOAC, 1990). Peynirlerden Kjeldahl yakma tüpünün içerisine 5 g örnek tartılmıştır. Tüplerin içine 2 adet Kjeldahl tableti ve 25 mL H₂SO₄ ilave edilmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilmiş ve sıcaklık kademeli olarak artırılarak yakma işlemi tamamlanmıştır. Destilasyon

aşamasında 50 mL %4'lük borik asit (Merck) içerisinde destilat toplanmıştır. Destilat 0,1 N HCl (Merck) ile grileylak renk elde edilinceye kadar titre edilmiş ve % azot değeri saptanmıştır (IDF, 1993). Suda çözünen azot (SÇA) oranı Kuchroo ve Fox (1982)'de belirtilen metod ile belirlenmiştir. 20 g peynir örneğine 40°C'de 40 mL saf su ilave edilerek 2 dakika karıştırılmıştır. Karışım, 40°C'deki su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra 4000 × g hızında 30 dakika santrifüj sonrası, üst kısımdaki yağ tabakası bir spatül ile uzaklaştırılmış ve sıvı kısım Whatman No. 42 filtre kâğıdından süzülümüştür. Elde edilen filtrattan 10 mL alınarak, standart mikro-Kjeldahl metodu ile SÇA içeriği belirlenmiştir (IDF, 1993). Kalan filtrattan 25 mL alınarak %24'lük (w/v) Trikloroasetik asit (TCA) çözeltisinden ilave edilerek karışım 2 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra filtre kağıdından (Whatman No. 42) süzülümüştür. Filtrat saf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Filtrattan 10 mL alınarak standart mikro-Kjeldahl yöntemi ile TCA'de çözünen azot içeriği saptanmıştır (IDF, 1993).

SDS Poliakrilamid Jel Elektroforezi Analizi

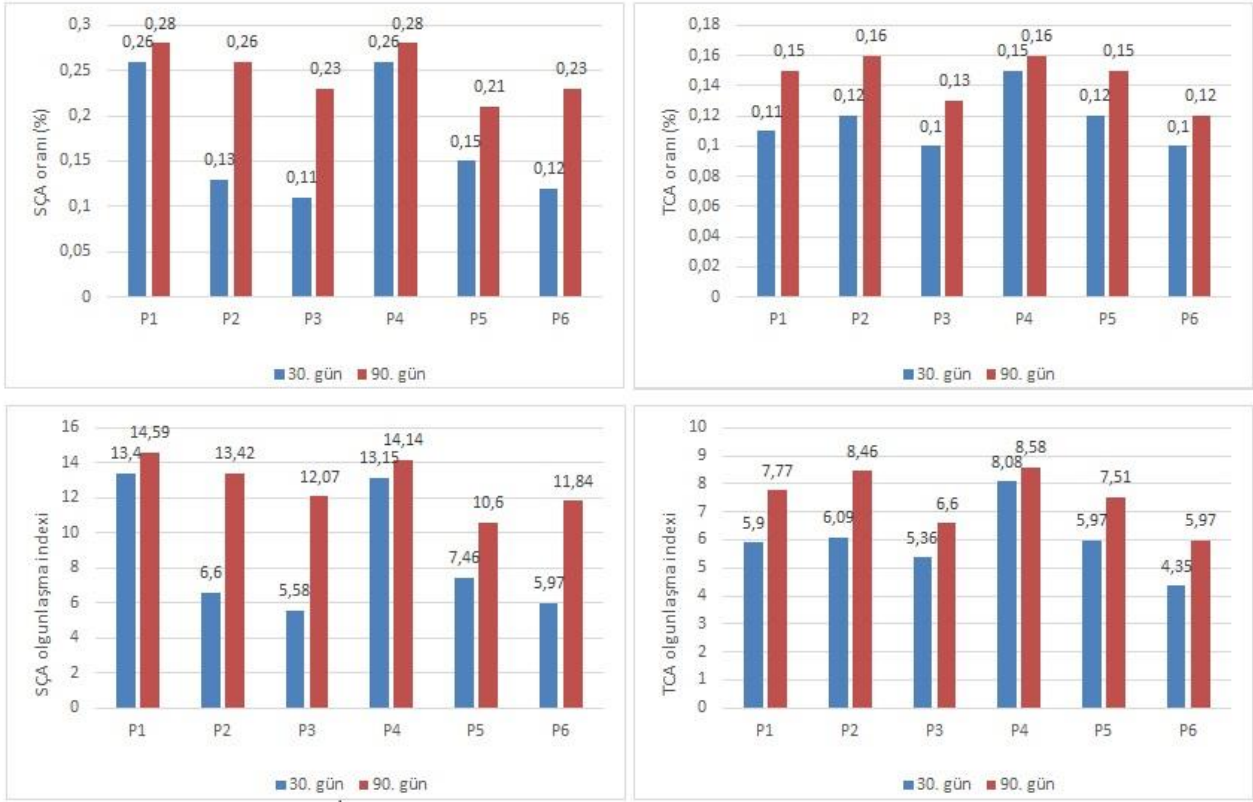
Peynirlerde proteoliz düzeyini belirlemek amacıyla SDS-Poliakrilamid jelelektroforez (SDS-Page); %30 akrilamid karışımı, %10 Sodyum Dodesil Sülfat (SDS), %10 Amonyum sülfat, 1,5 M Tris-HCL (pH 8,8) ve 1,0 M Tris (pH 6,8) kullanılarak hazırlanmıştır (Laemmli, 1970). Jeller hazırlandıktan sonra kuyucuklara 10 µL marker ve 15 µL örnek yüklemesi yapılmıştır. Hazırlanan elektroforez tank düzeneği sistem içerisine yerleştirilmiştir. Jel 80-100 volt arasında yürütülmüştür. Daha sonra boyama çözeltisi içerisine alınarak ve 24 saat boyama çözeltisinde bekletilmiştir.

Peynirde Yapılan Mikrobiyolojik Analizler

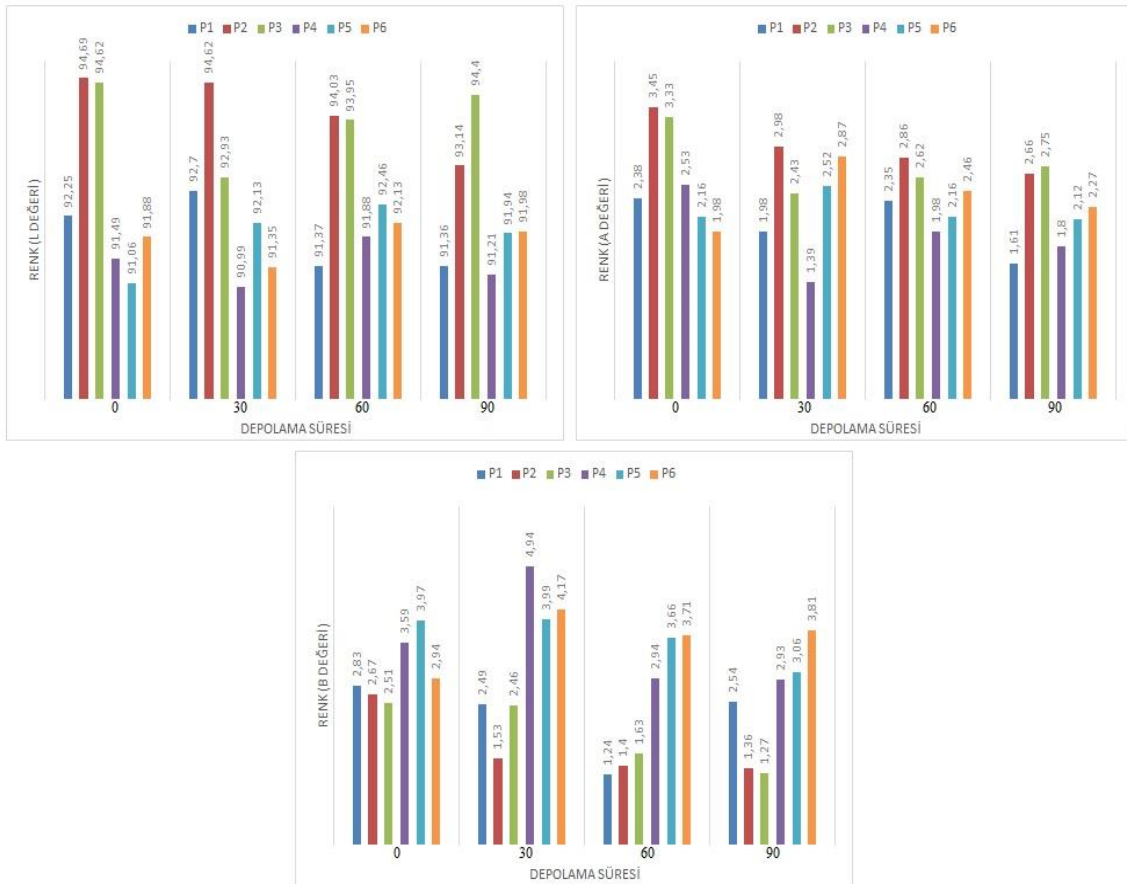
Steril koşullar altında tartılan 10 g peynir örneği, stomacher poşetine alınmıştır. İçerisine önceden hazırlanarak otoklavda steril hale getirilen 90 mL peptonlu su ilave edilmiştir. Karışım Stomacher (InterscienceBagmixer®400, Fransa) cihazında iki dakika süreyle homojenize edilerek 1/10 oranında seyreltilmiştir. Seyreltme işlemine 9 mL steril peptonlu su ile 10⁻⁷'lik dilüsyona ulaşıncaya kadar devam edilmiştir. Uygun dilüsyonlardan Plate Count agar (PCA, Merck) ile toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB); Potato Dextrose agar (PDA, Merck) kullanılarak maya-küf sayımı damla kültür yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Violet Red Bile (VRB, Merck) agar besiyeri kullanarak koliform sayımı (Halkman, 2005); MRS ve M17 agar (Merck) ile laktobasil ve laktokok sayımı (Özbaş, 1991; Kasımoğlu ve ark. 2004) yayma yöntemi ile 37°C'de 48-72 s inkübasyon süresinde yapılmıştır. Tüm analizler 2 tekrerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar koloni oluşturan birimin logaritması (log kob/g) şeklinde ifade edilmiştir.

İstatistiksel Analiz

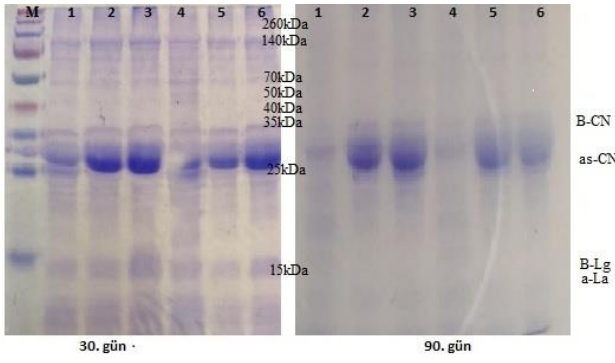
İstatistiksel analizler, varyans analiz tekniği (ANOVA) ile Minitab 17 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma 3 farklı maya çeşidinden (hayvansal, mikrobiyal ve bitkisel) üretilen Beyaz peynirler ve 4 farklı depolama süresi (0., 30., 60. ve 90. günler) için elde edilen verilere çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Tukey testine göre en az P<0,05 önem düzeyine göre test edilmiştir.



Şekil 3. Peynir örneklerinin SÇA (%), TCA (%) oranı ve olgunlaşma indeksleri
 Figure 3. Cheese samples of SCA (%), TCA (%) ratio and ripening indexes



Şekil 4. Peynir örneklerinin renk değişimi
 Figure 4. Color change of cheese samples



Şekil 5. Farklı enzim kullanılarak çiğ ve pastörize süttten üretilen peynirinin 30. ve 90. günlük depolamadan sonra SDS-PAGE profilleri

α s-CN: α s-kazein, β -CN: β kazein, M:Marker, 1: a+PS, 2: b+PS, 3: c+PS, 4: a+ÇS, 5: b+ÇS, 6: c+ÇS; ; a: Bitkisel enzim, b: Mikrobiyal enzim, c: Hayvansal enzim, PS: Pastörize süt, ÇS: Çiğ süt

Figure 5. SDS-PAGE profiles of cheese made with various enzymes from raw and pasteurized milk after 30 and 90 days of storage

α s-CN: α s-casein, β -CN: β casein, M:Marker, 1: a+PS, 2: b+PS, 3: c+PS, 4: a+RS, 5: b+RS, 6: c+ÇS; ; a: Plant enzyme, b: Microbial enzyme, c: Animal enzyme, PS: Pasteurized milk, ÇS: Raw milk

Bulgular ve Tartışma

Farklı maya çeşidi kullanılarak çiğ ve pastörize sütlere üretilen Beyaz peynirlerin depolama süresi boyunca kuru madde (%), pH ve SH değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Peynirlerin 90 günlük depolama süresi boyunca kurumadde oranları %33,37-%40,83 aralığında değişiklik göstermiştir. Elde ettiğimiz kurumadde oranları Dağdemir ve ark. (2003)'nin Beyaz peynir de yapmış olduğu çalışma sonuçları ile paralellik göstermiştir. Depolamanın 60. ve 90. günü peynir örnekleri arasında farklı maya kullanımının istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). P5 peynir örneğinde olgunlaşma süresi boyunca kuru madde değerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Tüm peynir çeşitlerinin kuru madde oranında olgunlaşma süresi boyunca 0. güne göre istatistiki olarak azalış olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Mikrobiyal enzim ve çiğ süt içeren P5 peynir örneği, depolamanın 60. günü kurumadde içeriğindeki en fazla azalma oranını belirlediği peynir örneğidir. Farklı enzim kullanılarak üretilen peynirlerde olgunlaşmanın bazı dönemlerinde benzer kurumadde içeriği tespit edilmesine rağmen, olgunlaşma sırasında peynirler arasındaki önemli farklılıkların, kullanılan farklı enzimlerin proteolitik aktivitesinden kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Araştırmacılar proteoliz sonucu peynir matrisinden salamuraya geçen suda çözünür protein ve peptitlerden kaynaklı kuru maddede azalış gerçekleşebileceğini bildirmektedir (Sandra ve ark., 2013). Bazı araştırmacılar peynir örnekleri arasında belirlenen kurumadde oranı farklılığının, çiğ sütlerin kimyasal bileşimi, peynirlerin asit gelişimi ve tuz emilimi gibi unsurlardan da kaynaklanabileceğini belirtmektedir (Bontinis ve ark., 2008; Shabbir ve ark., 2019).

Peynir örneklerinde, en yüksek pH değerleri olgunlaşmanın 0. ve 30. günü bitkisel enzim ile üretilen P1 ve P4 peynir örneğinde tespit edilmiştir. Bitkisel enzim kullanılarak üretilen bu peynirlerde pH değerinin yüksek oluşu proteoliz sonucunda bazik karakterli bazı

moleküllere, bu moleküllerin tamponlama etkisine ve mikroorganizma gelişimini olumsuz etkileyen etmenlerin laktozdan laktik asit üretim hızını düşürmesine bağlı olabilir. Proteoliz ve lipoliz olayı sırasında üretilen asidik amino asitlerin ve serbest yağ asitlerinin de pH değeri düşüşü üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Gün ve ark., 2009). Depolama süresi sonunda tüm peynir çeşitlerinde 0. güne göre pH değeri azalış göstermiştir ($P<0,05$). 0. ve 60. günde peynir örnekleri arasında pH değerleri açısından herhangi farklılık görülmediği tespit edilmiştir. P1 ve P4 peynirlerinin pH değerleri arasındaki fark 30. güne kadar istatistiki açıdan önemsiz iken ($P>0,05$), depolamanın 60. ve 90. günlerinde tüm peynir örneklerinde olgunlaşma süresi boyunca pH değeri azalmıştır ($P<0,05$). P2 ve P5 peynir örneklerinde depolama süresince 60. gününe kadar pH değerleri düşüş göstermiştir. Bu çalışmada, farklı enzim kullanılarak üretilen peynirlerde olgunlaşma sırasında peynirlerin pH değerlerinin 5,5'in altında olması peynirlerin asidik bir karakter göstermesinin ifadesi olabilir. Bunun yanında pH düşüşünün nedeninin, ısı işlem sonunda varlığını sürdüren laktik asit bakterilerinden ve üretimde kullanılan alet ekipman ile ortam havasından peynire dahil olan başlatıcı kültür olmayan laktik asit bakterilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, olgunlaşmanın 0., 60. ve 90. günlerinde farklı enzim kullanımının peynir örnekleri arasındaki SH değerine etkisinin istatistiki açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir ($P>0,05$). Tüm peynir örneklerinde SH değeri, 0. günden 60. güne kadar olgunlaşma süresince artış göstermiştir. En yüksek SH değeri; pastörize süt ve hayvansal enzim kullanılarak üretilen P3 peynir örneğinde olgunlaşmanın 90. gününde belirlenmiştir. Araştırmacılar, titrasyon asitliğindeki artışın büyük kısmının kazein ve parakazeinden; diğer kısmının ise laktik asit bakterileri (LAB) aktivitesi sonucu laktozun fermentasyonu ile oluşan laktik asitten ve mikroorganizmalar tarafından üretilen asetik, formik, bütirik asitten de kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir (Akın ve Şahan, 1998).

Peynir örneklerinde 90 günlük olgunlaşma sürecinde yağ oranı %21,0-23,7; protein oranı %12,0-12,9 aralığında belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca peynir örneklerine ait yağ (%) ve protein (%) değeri grafikleri Şekil 2'de gösterilmiştir. En yüksek yağ oranı depolamanın 0. günü çiğ süt ve hayvansal enzim ile üretilen P6 peynir örneğinde belirlenmiştir. Bu çalışmada, inek sütü kullanılarak üretilen peynirlerden elde edilen yağ oranı Demir-Halıcı, (2021)'in bildirdiği yağ oranı (%21,84; %20,95; %23,19) ile Hayaloğlu ve ark. (2005)'nin inek Beyaz peynirinde 90 günlük depolama süresinde bildirdiği yağ oranına (%20,87; %20,51; %21,41) benzer bulunmuştur. Farklı iki enzim kullanılarak üretilen Beyaz peynirlerde yağ içeriği en az %18,17 en yüksek ise %23,33 olarak belirlenmiştir (Süner, 2018).

Peynirlerde toplam protein değerleri 0. günden depolamanın 90. gününe kadar azalma eğilimi göstermiştir. Araştırmacılar, protein oranında belirlenen düşüşün proteoliz ile proteinlerin parçalanarak oluşturduğu suda çözünen azotlu bileşiklerin salamuraya geçişinin bir göstergesi olduğunu belirtmişlerdir (Tunçtürk ve ark., 2005; Soltani, 2013; Jalilzadeh ve ark., 2017). Depolamanın 90. gününde en düşük protein oranına pastörize süt ve hayvansal enzim ile üretilen P3 peynir örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Fizikokimyasal analiz bulguları
Table 1. Physicochemical analysis findings

Depolama süresi	Peynir kodu	Kurumadde(%)	pH	SH
0.gün	P1	40,43±2,15 ^{aA}	4,94±0,06 ^{aA}	62,5±2,12 ^{aC}
	P2	39,11±2,52 ^{aA}	4,92±0,06 ^{aA}	66,0±2,83 ^{aC}
	P3	39,18±2,91 ^{aA}	4,93±0,07 ^{aA}	63,0±2,83 ^{aC}
	P4	39,52±1,15 ^{aA}	4,92±0,06 ^{aA}	66,5±3,54 ^{aB}
	P5	40,83±0,34 ^{aA}	4,91±0,04 ^{aA}	65,0±4,24 ^{aB}
	P6	40,75±1,59 ^{aA}	4,89±0,06 ^{aA}	61,0±0,71 ^{aC}
30. gün	P1	34,74±0,65 ^{aB}	4,90±0,08 ^{aA}	74,0±2,83 ^{bB}
	P2	34,96±1,42 ^{aB}	4,81±0,03 ^{abcB}	73,0±1,41 ^{bBC}
	P3	35,25±0,64 ^{aB}	4,78±0,03 ^{bcB}	80,0±2,83 ^{abB}
	P4	35,45±0,49 ^{aB}	4,88±0,07 ^{abA}	76,0±1,41 ^{abAB}
	P5	35,55±0,18 ^{aB}	4,78±0,02 ^{bcB}	82,5±2,12 ^{aA}
	P6	35,03±0,88 ^{aB}	4,70±0,02 ^{cB}	72,5±0,00 ^{bB}
60. gün	P1	34,05±0,40 ^{bcB}	4,75±0,05 ^{aB}	85,0±1,41 ^{aA}
	P2	36,05±0,68 ^{aAB}	4,70±0,07 ^{aC}	82,0±2,83 ^{aAB}
	P3	34,90±0,64 ^{abB}	4,66±0,07 ^{aC}	85,0±2,83 ^{aA}
	P4	35,95±0,70 ^{aB}	4,71±0,07 ^{aB}	82,0±2,83 ^{aA}
	P5	33,37±0,34 ^{cD}	4,68±0,06 ^{abcB}	83,5±2,12 ^{aA}
	P6	34,48±0,43 ^{bcB}	4,63±0,03 ^{aB}	86,5±2,12 ^{aA}
90. gün	P1	34,82±0,70 ^{abB}	4,60±0,05 ^{abcC}	85,0±1,41 ^{aA}
	P2	35,99±0,92 ^{aAB}	4,68±0,03 ^{aC}	86,5±4,95 ^{aA}
	P3	35,24±0,45 ^{abB}	4,53±0,02 ^{bd}	92,0±2,83 ^{aA}
	P4	35,95±0,69 ^{aB}	4,55±0,06 ^{bc}	85,0±1,41 ^{aA}
	P5	34,44±0,41 ^{bc}	4,68±0,05 ^{aC}	89,5±2,83 ^{aA}
	P6	34,95±0,51 ^{abB}	4,51±0,03 ^{bc}	82,0±0,71 ^{aA}

P1: a+PS, P2: b+PS, P3: c+PS, P4: a +ÇS, P5: b +ÇS, P6: c+ÇS; a: Bitkisel enzim, b: Mikrobiyal enzim, c: Hayvansal enzim, PS: Pastörize süt, ÇS: Çiğ süt *Küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar farklı enzim kullanılarak üretilen peynir grupları arasındaki farklılığı (P<0,05), büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Çizelge 2. Peynirlerin renk değerleri
Table 2. Color values of cheeses

Depolama süresi	Peynir kodu	Renk değerleri		
		L	A	B
0.gün	P1	92,25±0,08 ^{Ba}	2,38±0,31 ^{Ca}	2,83±0,01 ^{cA}
	P2	94,69±0,34 ^{aA}	3,45±0,33 ^{aA}	2,67±0,22 ^{cA}
	P3	94,62±0,21 ^{aA}	3,33±0,23 ^{abA}	2,51±0,19 ^{cA}
	P4	91,49±0,51 ^{bcA}	2,53±0,29 ^{bcA}	3,59±0,25 ^{abB}
	P5	91,06±0,24 ^{cB}	2,16±0,43 ^{cA}	3,97±0,44 ^{aA}
	P6	91,88±0,06 ^{bA}	1,98±0,11 ^{cC}	2,94±0,08 ^{bcB}
30. gün	P1	92,70±0,06 ^{bA}	1,98±0,17 ^{bAB}	2,49±0,57 ^{bA}
	P2	94,62±0,17 ^{aA}	2,98±0,17 ^{aAB}	1,53±0,18 ^{bB}
	P3	92,93±0,23 ^{bB}	2,43±0,19 ^{abB}	2,46±0,33 ^{bA}
	P4	90,99±0,43 ^{dA}	1,39±0,33 ^{cB}	4,94±0,70 ^{aA}
	P5	92,13±0,68 ^{bcAB}	2,52±0,21 ^{abA}	3,99±0,37 ^{aA}
	P6	91,35±0,03 ^{cdA}	2,87±0,04 ^{aA}	4,17±0,59 ^{aA}
60. gün	P1	91,37±0,29 ^{bB}	2,35±0,33 ^{abcA}	1,24±0,28 ^{bB}
	P2	94,03±0,31 ^{aA}	2,86±0,28 ^{aAB}	1,40±0,54 ^{bB}
	P3	93,95±0,25 ^{aA}	2,62±0,17 ^{abB}	1,63±0,19 ^{bB}
	P4	91,88±0,06 ^{bA}	1,98±0,11 ^{cAB}	2,94±0,08 ^{abB}
	P5	92,46±0,43 ^{bA}	2,16±0,17 ^{bcA}	3,66±0,61 ^{aA}
	P6	92,13±0,90 ^{bA}	2,46±0,10 ^{abcB}	3,71±0,16 ^{aAB}
90. gün	P1	91,36±0,39 ^{bB}	1,61±0,17 ^{eB}	2,54±0,19 ^{bA}
	P2	93,14±1,84 ^{abA}	2,66±0,13 ^{abB}	1,36±0,44 ^{cB}
	P3	94,40±0,52 ^{aA}	2,75±0,16 ^{abB}	1,27±0,35 ^{cB}
	P4	91,21±0,43 ^{bA}	1,80±0,14 ^{deB}	2,93±0,61 ^{abB}
	P5	91,94±0,34 ^{abAB}	2,12±0,08 ^{cdA}	3,06±0,32 ^{abA}
	P6	91,98±0,42 ^{bA}	2,27±0,20 ^{bcBC}	3,81±0,25 ^{aA}

P1: a+PS, P2: b+PS, P3: c+PS, P4: a +ÇS, P5: b +ÇS, P6: c+ÇS; a: Bitkisel enzim, b: Mikrobiyal enzim, c: Hayvansal enzim, PS: Pastörize süt, ÇS: Çiğ süt *Küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar farklı enzim kullanılarak üretilen peynir grupları arasındaki farklılığı (P<0,05), büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir. (P<0,05).

Çizelge 3. Mikrobiyolojik analiz bulguları (log kob/g)

Table 3. Microbiological analysis findings (log cfu/g)

Depolama süresi	Peynir kodu	TAMB sayısı	Maya-küf sayısı	Koliform sayısı	Laktokok sayısı	Laktobasil sayısı
0.gün	P1	9,70±0,02 ^{aA}	2,69±0,00 ^{dC}	3,76±0,14 ^{aA}	9,41±0,44 ^{aA}	8,29±0,22 ^{aA}
	P2	9,51±0,47 ^{abA}	3,39±0,70 ^{cdB}	3,84±0,15 ^{aA}	9,24±0,48 ^{aA}	8,79±0,09 ^{aA}
	P3	9,42±0,53 ^{abA}	3,63±0,07 ^{cb}	4,37±0,56 ^{aA}	8,83±0,31 ^{abAB}	8,36±1,04 ^{aA}
	P4	8,96±0,22 ^{abA}	5,79±0,45 ^{abAB}	6,58±0,25 ^{ba}	8,87±0,21 ^{abA}	8,38±1,07 ^{aA}
	P5	7,01±0,17 ^{cC}	5,08±0,09 ^{bc}	6,42±0,12 ^{bb}	8,30±0,16 ^{ba}	7,60±0,33 ^{aAB}
	P6	8,81±0,08 ^{ba}	6,13±0,08 ^{ab}	6,73±0,02 ^{ba}	8,94±0,11 ^{abA}	8,28±0,37 ^{aA}
30. gün	P1	9,94±0,04 ^{aA}	5,56±0,16 ^{baB}	< 1,00	9,23±0,06 ^{aA}	7,50±0,36 ^{aA}
	P2	8,42±0,62 ^{baB}	6,18±0,30 ^{aA}	< 1,00	8,08±0,49 ^{bb}	8,02±0,23 ^{ab}
	P3	9,55±0,01 ^{aA}	5,29±0,15 ^{ba}	< 1,00	9,13±0,11 ^{aA}	7,89±0,25 ^{aA}
	P4	8,35±0,61 ^{baB}	5,31±0,32 ^{bb}	5,72±0,38 ^{aAB}	8,00±0,33 ^{bb}	7,52±0,34 ^{aA}
	P5	8,17±0,12 ^{ba}	6,16±0,11 ^{ab}	6,20±0,03 ^{bc}	7,60±0,08 ^{bb}	7,21±0,07 ^{ab}
	P6	7,80±0,12 ^{bb}	6,16±0,12 ^{ab}	5,54±0,48 ^{abB}	7,42±0,13 ^{bb}	7,43±0,32 ^{ab}
60. gün	P1	8,32±0,29 ^{ab}	5,36±0,07 ^{bb}	< 1,00	8,32±0,40 ^{ab}	6,35±0,35 ^{bb}
	P2	7,67±0,42 ^{cb}	5,96±0,17 ^{abA}	< 1,00	8,01±0,35 ^{ab}	6,08±0,13 ^{bc}
	P3	8,26±0,06 ^{abB}	5,46±0,63 ^{ba}	< 1,00	7,94±0,49 ^{aAB}	7,99±0,59 ^{aA}
	P4	7,81±0,15 ^{abcB}	5,92±0,13 ^{abAB}	4,77±0,38 ^{bb}	8,00±0,24 ^{ab}	7,67±0,10 ^{aA}
	P5	7,71±0,14 ^{bcB}	6,19±0,12 ^{ab}	4,74±0,04 ^{bd}	7,68±0,17 ^{ab}	7,90±0,01 ^{aA}
	P6	7,60±0,09 ^{cb}	6,34±0,05 ^{aA}	5,35±0,35 ^{ab}	7,68±0,34 ^{ab}	7,48±0,16 ^{ab}
90. gün	P1	7,99±0,42 ^{ab}	5,65±0,05 ^{ba}	< 1,00	7,76±0,05 ^{abB}	7,47±0,58 ^{aA}
	P2	8,24±0,31 ^{ab}	6,29±0,08 ^{abA}	< 1,00	7,78±0,32 ^{abB}	6,32±0,28 ^{bc}
	P3	8,11±0,39 ^{ab}	5,71±0,72 ^{abA}	< 1,00	8,13±0,37 ^{abB}	6,25±0,08 ^{bb}
	P4	7,54±0,43 ^{ab}	6,16±0,11 ^{abA}	5,81±0,72 ^{baB}	7,86±0,10 ^{abB}	7,66±0,06 ^{aA}
	P5	7,58±0,04 ^{ab}	6,47±0,05 ^{aA}	6,83±0,02 ^{aA}	8,66±0,29 ^{aA}	7,61±0,01 ^{aAB}
	P6	7,81±0,32 ^{ab}	6,47±0,05 ^{aA}	4,83±0,02 ^{cb}	7,52±0,75 ^{bb}	7,47±0,09 ^{ab}

P1: a+PS, P2: b+PS, P3: c+PS, P4: a +ÇS, P5: b +ÇS, P6: c+ÇS; a: Bitkisel enzim, b: Mikrobiyal enzim, c: Hayvansal enzim, PS: Pastörize süt, ÇS: Çiğ süt. *Küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar farklı enzim kullanılarak üretilen peynir grupları arasındaki farklılığı (P<0,05), büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar depolama günleri arasındaki farklılığı göstermektedir. (P<0,05).

Beyaz peynir üretiminde kimozen enziminin kullanıldığı başka bir çalışmada depolama süresince protein oranının düşüş gösterdiği tespit edilmiştir (Al-Otaibi ve Wilbey, 2005). Depolamanın 90. günü en yüksek protein ve kuru madde içeriğine çiğ süt ve bitkisel enzim kullanılarak üretilen P4 peynir örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Bitkisel enzimle üretilen P4 peynirindeki protein oranlarındaki farklılığın, peynirlerin yüksek kuru madde oranından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Depolama süresi boyunca peynir örneklerinin SÇA (%), TCA (%) oranı ve olgunlaşma indeksi değerleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Depolamanın 30. günü SÇA oranı en yüksek bitkisel enzimle üretilen P1 ve P4 peynirlerinde (%0,26), en düşük ise hayvansal enzim ile üretilen P3 peynir örneğinde (%0,11) tespit edilmiştir (P<0,05). Olgunlaşma sonunda en yüksek SÇA oranı yine bitkisel enzimle üretilen peynirlerde (%0,28) tespit edilmiştir. SÇA oranı proteolize bağlıdır ve olgunlaşma boyunca sürekli artar (Cinbaş ve Kılıç, 2006; Öner ve ark., 2006). Kazeyinin bir bölümü olan para-kazeinin; kullanılan enzim ve mikroorganizmaların etkisi ile proteaz-pepton ve amino asitler gibi suda çözünebilir maddelere dönüştüğünü bildirilmiştir (Hayaloğlu ve ark., 2002; Öner ve Sarıdağ, 2018). Peynirlerde belirlenen SÇA oranları olgunlaşma hakkında önemli ipuçları verir (Fox ve ark., 1995). Bu çalışmada, bitkisel enzimle üretilen peynirlerde depolamanın 30. ve 90. günü arasında SÇA oranı (%) ve SÇA olgunlaşma indeksi arasındaki değişimin daha düşük olması bitkisel enzim ile üretilen peynirlerin diğer peynirlere kıyasla daha hızlı olgunlaştığını göstermektedir. %12'lik trikloroasetikasitte (TCA) çözünen azot oranı; aminoasitler peptidler ile aminler, amonyak ve üre gibi

proteinlerinin parçalanma ürünlerinin miktarını belirleyen azot fraksiyonudur (Hayaloğlu, 2003). Depolamanın 30. ve 90. günü %12'lik TCA'da çözünen azot oranı (%), en yüksek mikrobiyal enzim kullanılarak üretilen P2 ve P5 peynir örneklerinde belirlenmiş ve depolama boyunca sırasıyla %0,04 ve %0,03 oranında artış göstermiştir. Peynirler arasında en yüksek SÇA (14,14) ve TCA (8,58) olgunlaşma indeksine bitkisel enzimle üretilen P4 peynir örneğinin sahip olması, bitkisel enzimle üretilen P4 peynir örneğinin hızlı olgunlaştığını göstermektedir. Peynir örneklerinin olgunlaşma indeksi değerlerinin depolama süresince artış göstermesi, proteoliz olayının devam ettiğini göstermektedir. Proteoliz olayı; starter kültür kullanılmadan üretilen peynirlerde, sütün doğal florasyndan, kontaminasyon ile dahil olan mikroorganizmalardan ve kullanılan enzimlerden kaynaklanmaktadır (Crow ve ark., 1993; Öztürk, 2015).

Renk sisteminde L* değeri dikey eksen üzerinde parlaklıktan (100), koyuluğa (0) gidişi belirtir; +a* kırmızılığa, -a* yeşillige, +b* sarılığa, -b* ise maviliğe yönelimi belirtmektedir. Peynir örneklerinin renk ölçüm değerlerinden L*, a*, b* değerleri Tablo 2'de verilmiştir. P2, P4 ve P6 peynir örneklerinde olgunlaşma süresince L* değerlerinin varyans analizi sonucuna göre P>0,05 düzeyinde önemli farklılık meydana gelmediği; peynir çeşidine bağlı olarak ise tüm peynirlerde P<0,05 düzeyinde önemli farklılıklar meydana geldiği belirlenmiştir. En yüksek L* değeri, olgunlaşma süresi ve peynir çeşitlerine bakılarak mikrobiyal enzim ve pastörize süttten üretilen P2 (94.69±0.34) peynir örneğinde belirlenmiştir. Elde edilen L* değerlerinin Beyaz peynirlerde Tarakçı ve Deveci,

(2019) tarafından tespit edilen değerlerden düşük olduğu belirlenmiştir.

Farklı enzim kullanımının ve olgunlaşma süresinin örneklerinin a^* değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bayram ve Tarakçı (2020), peynir örneklerinde olgunlaşma süresi ve peynir çeşidinin L^* , a^* , b^* değerleri bakımından önemli etkisi olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada peynir örnekleri arasında, en yüksek a^* değeri olgunlaşmanın 0., 30. ve 60. günlerinde pastörize süt ve mikrobiyal enzimle üretilen P2 peynir örneğinde tespit edilmiştir. Pastörize sütün kullanıldığı P1, P2 ve P3 peynirlerinde olgunlaşma süresi boyunca a^* değerinin daha yüksek olmasından dolayı pastörizasyon işleminin peynir örneklerinde a^* değerini arttırdığı düşünülmektedir. Depolamanın 0. gününe göre olgunlaşmanın sonunda pastörize süttten üretilen peynirlerde a^* değeri azalış göstermiştir. Araştırmacılar bu çalışmaya benzer şekilde peynir örneklerinde olgunlaşma süresi boyunca a^* değerinin azaldığını tespit etmiştir (Fırat, 2006; Gülter, 2011).

Peynir örnekleri arasında b^* değeri açısından farklı maya kullanımının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). En yüksek b^* değeri peynir örnekleri arasında depolamanın 0. ve 30. günü P4 ve P5 peynir örneklerinde belirlenmiştir. Peynir örneklerinde b^* değerinin olgunlaşmanın başında daha yüksek çıkma sebebi, depolamanın başlangıcında peynirde bulunan yüksek yağ ve protein oranı ile ilişkili olabilir. Çiğ süt ve mikrobiyal enzimle üretilen P5 peynir örneğinin olgunlaşma süresinde b^* değerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Peynir örneklerinde olgunlaşma boyunca azalış ve artış gibi dalgalanmaların görülmesinin nedeninin peynir sisteminde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlardan oluşan metabolitlerden kaynaklandığı bildirilmektedir (Bulut-Solak, 2013).

TAMB sayısı 0., 30. ve 60. günlerde peynir örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Depolamanın sonunda tüm peynir örneklerinde TAMB sayısı azalmıştır. Depolamanın 0. ve 30. günlerinde TAMB sayısı en yüksek pastörize süt ve bitkisel enzimle üretilen P1 peynirinde (sırasıyla 9,70 ve 9,94 log kob/g) belirlenmiştir. Peynirlerin 90 günlük depolamasında TAMB sayısında belirlenen değişim (Karahana ve ark. (2010) (9,00-8,20;7,90-7,96 log kob/g) ve Özer ve ark. (2002) (9,7-8,11 log kob/g) tarafından inek sütü ile yapılan Beyaz peynirlerde bildirilen TAMB sayısı değişimleri ile paralellik göstermektedir. Depolamanın 0. ve 30. günü bitkisel ve hayvansal enzimle üretilen P1 ve P3 peynirlerinde; depolamanın 30., 60. ve 90. günü hayvansal enzimle üretilen P6 peynirinden elde edilen TAMB sayıları farkı önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Olgunlaşma sonunda en yüksek TAMB sayısının pastörize süt ve mikrobiyal enzim kullanılarak üretilen P2 peynir örneğinde belirlenmiştir. Peynir üretiminde kullanılan sütlerin pastörize edilmesine rağmen TAMB sayıları arasındaki farklılık, çiğ süttün mikrobiyal yükü, pastörizasyon sonrası kontaminasyon ve sütte bulunan suşların termodürik olmasından kaynaklanabilir.

Peynir örnekleri arasında farklı pıhtılaştırıcı enzim kullanımının maya-küf miktarı üzerinde etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Tüm peynir örneklerinin depolama boyunca maya-küf içeriklerine bakıldığında

depolama süresi ilerledikçe özellikle pastörize sütle üretilen P2 ve P3 peynirlerinde depolamanın 30. gününden sonra hızlı artış gösterdiği saptanmıştır. Tüm peynir örneklerinin maya-küf sayısında depolamanın 90. gününe göre gerçekleşen artışın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Maya-küf sayısında artış görülmesinin sebebi olarak peynirin olgunlaşması ve kabuk bağlama işlemlerinin oda sıcaklığı koşullarında yapılmış olması olabilir. Maya-küf sayısındaki artışın bir diğer sebebinin ise dış çevre faktörleri, ambalaj materyali ve alet-ekipmandan dolayı da artabileceği düşünülmüştür. Depolamanın başlangıcında en yüksek maya-küf sayısı çiğ süt ile üretilen peynir örneklerinde saptanmıştır. Bu çalışmaya benzer şekilde, pastörize sütle üretimi gerçekleştirilen peynir örneklerinin maya-küf miktarının, çiğ sütle üretimi gerçekleştirilen peynir örneklerindeki maya-küf sayısından daha düşük olduğu bildirilmiştir (Bulut, 2006). Peynir örneklerinde depolama süresince görülen dalgalanmaların, peynir ortamında oluşan ve biriken metabolitlerin konsantrasyonuna bağlı olarak artış ve sınırlama olabileceği de bildirilmektedir (Bulut-Solak, 2013).

Peynirde koliform grubu bakteriler hijyen indikatörü olarak kabul edilmektedir. Olgunlaşma boyunca peynirlerde lezzet ve yapı bozukluklarına da neden olabilirler. Bu çalışmada, farklı enzim kullanımı ve depolama süresinin koliform grubu bakteri sayılarına etkisi istatistiksel açıdan $P<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Olgunlaşmanın başında en düşük koliform sayısı (3,78 log kob/g) bitkisel enzim ve pastörize süt ile üretilen P1 örneğinde tespit edilirken, en yüksek hayvansal enzim ve çiğ süt ile üretilen P6 peynir örneğinde tespit edilmiştir. Depolama sonunda çiğ süt ile üretilen peynir örneklerinden en düşük koliform sayısı mikrobiyal enzim kullanılarak üretilen P5 peynir örneğinde tespit edilmiştir. Depolamanın 30. gününden itibaren ise pastörize sütün kullanıldığı hayvansal, mikrobiyal ve bitkisel enzim ile üretilen peynir örneklerinde koliform grubu bakteriye rastlanmamıştır. Bu durumun olgunlaşma süresince LAB ile küflerin koliform gurubu bakteri gelişimi üzerine inhibitör etki gösterdiği için gerçekleştiği düşünülmektedir.

Depolamanın 0. ve 30. günü, peynir örneklerinin laktobasil sayıları arasındaki fark önemsiz ($P>0,05$) iken, olgunlaşmanın 60. ve 90. günü istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Depolama boyunca bitkisel enzimle üretilen P4 peynir örneğinin laktobasil sayıları arasındaki fark önemsizdir ($P>0,05$). Olgunlaşma boyunca en yüksek laktobasil sayıları depolamanın başlangıcında tespit edilmiştir. Pastörize süt kullanılarak üretilen peynirler arasında bitkisel enzim kullanılarak üretilen P1 (8,29 log kob/g-7,47 log kob/g), mikrobiyal enzim kullanılarak üretilen P2 (8,79 log kob/g -6,32 log kob/g) ve hayvansal enzim kullanılarak üretilen P3 (8,36 log kob/g-6,25 log kob/g) peynirlerinde depolama süresince laktobasil sayısında düşüş gözlenmiştir. Bu değişim, Öner ve ark. (2006)'nin Türk beyaz peynirinde 105 günlük depolama süresinde bildirdiği laktobasil sayısı (7,90 log kob/g-6,40 log kob/g) ile paralellik göstermektedir. Depolamanın 90. gününde bitkisel enzim ile üretilen P1 ve P4 peynirlerinde laktobasil sayısı diğer peynirlerden yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Bitkisel enzimin laktobasil

gelişimi üzerinde simbiyotik bir etkisinin olabileceği düşünülmektedir.

Depolamanın 0. 30. ve 90. günü, peynir örneklerinin laktokok sayıları arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$). Olgunlaşma boyunca en yüksek laktokok sayıları depolamanın başlangıcında tespit edilmiştir. Pastörize süt kullanılarak üretilen peynirler arasında bitkisel enzim kullanılarak üretilen P1 (9,41 log kob/g-7,76 log kob/g), mikrobiyal enzim kullanılarak üretilen P2 (9,24 log kob/g-7,78 log kob/g) ve hayvansal enzim kullanılarak üretilen P3 (8,83 log kob/g-8,13 log kob/g) peynirlerinde olgunlaşma başlangıcına göre laktokok sayısında düşüş gözlenmiştir. Bu sonuç Öner ve ark. (2006)'nin yaptığı çalışmada aynı depolama süresinde elde ettiği laktokok sayısı (8,14-6,47 log kob/g) ve depolama boyunca bildirdiği düşüş ile benzer bulunmuştur. Depolamanın 0. ve 30. günü en yüksek laktokok sayısı ise pastörize süt ve bitkisel enzim ile üretilen P1 peynir örneğinde tespit edilirken, 60. ve 90. gün laktokok sayısında azalma meydana gelmiş ve en düşük değer depolama sonunda belirlenmiştir.

Depolamanın 30. ve 90. günlerinde farklı pıhtılaştırıcı enzim kullanılarak üretilen Beyaz peynirlerde protein moleküllerinin büyüklüğü SDS-Page ile belirlenmiş ve marker aracılığıyla α -kazein ve β -kazein jel üzerinde saptanmıştır. pH 4,6'da çöken kazein proteini ve aynı pH'da çözünebilir serum proteinlerinin jeldeki bant görüntüleri Şekil 5'de gösterilmiştir. Depolamanın 30. gününde peynir örneklerinde α -kazein ve β -kazein bantları yoğun şekilde gözlenmiştir. Olgunlaşmanın 90. gününde ise çiğ ve pastörize sütlerden üretimi yapılmış bitkisel enziminin kullanıldığı P1 ve P4 numaralı peynirlerde ise kazein proteininin hidrolizasyona başladığı, α -kazein ve β -kazein fraksiyonlarının parçalanmasıyla beraber bantların yoğunluğunda azalış meydana geldiği görülmüştür. Olgunlaşma süresince meydana gelen proteoliz olayından rennin enzimi, sütün yapısında bulunan enzimler, başlatıcı ve başlatıcı olmayan ikincil mikrofloraya ait enzimlerin sorumlu olduğu bildirilmiştir (Sousa ve ark. 2002). Proteoliz olayının etkisiyle polipeptidler, kısa zincirli peptitler ve serbest aminoasitler ortaya çıkabildiği için peynirin tat ve aromasında değişiklikler meydana gelebildiği bildirilmiştir (Gemici, 2017). Bu çalışmada proteoliz olayının etkisiyle α 1, α 2, β ve κ -kazein gibi kazeinin fraksiyonlarında oluşan değişiklikler sonucunda bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirlerde acı tat meydana gelmiştir. Araştırmacılar aktif enzimleri kardosin/kimosin olan bitki kökenli pıhtılaştırıcı karışımları, uygun sütün seçimi veya ultrafiltrasyon uygulamalarının yanı sıra olgunlaşma sırasında peynirin tuzlanma süresinin arttırılması gibi işlemlerin peynirde acı tadı azaltmak ve randımanı iyileştirmek için kullanılabileceğini bildirmiştir (Özcan ve Eroğlu, 2018).

Araştırma Sonucu ve Öneriler

Beyaz peynir Türkiye'de en çok üretilen ve tüketilen peynir çeşididir. Bu çalışmadan elde edilen fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik bulgular, bitkisel enziminin (*Cartamus tinctorius L.* 'dan saflaştırılan, %80 kimozin-%20 pepsin içeren) pıhtılaştırıcı ajan olarak diğer peynir gruplarına benzer ve genel kabul edilebilir olduğunu, Beyaz peynir yapımında alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Pastörize süt ve bitkisel

enzimden yapılan peynirlerde 30. günden sonra koliform bakteri tespit edilmemesinden dolayı mikrobiyal güvenliği sağlamak amacıyla peynir sütünde ısı işlem zorunludur. Bitkisel enzimle üretilen peynirlerde olgunlaşma süresince proteoliz düzeyi oldukça yüksektir. Peynirde proteolitik aktivite artışı olgunlaşma periyodunda acı tat oluşumuna sebep olduğundan bitkisel enzim kullanımı taze olarak tüketilebilen pastörize Beyaz peynirlerin üretiminde uygun olabilir. Bitkisel enzimlerin saflaştırılması sırasında proteolitik aktivitesinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Beyaz peynir üretiminde pastörize süt, bitkisel enzim ve proteolitik aktivitesi düşük başlatıcı kültürlerin kullanımı ile olgunlaşma sırasında meydana gelen değişimlerin araştırılması, bitkisel enzimlerin Beyaz peynir yapımında kullanılabilirliğinin uygunluğuna daha fazla ışık tutabilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Prof. Dr. Zübeyde Öner'in katkılarıyla Süleyman Demirel Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Süt Teknolojisi Laboratuvarı imkanlarıyla gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Akar B, Öner MD. 1994. İncir sütünün saflaştırılması ve Antep peyniri yapımına uygulanması. Gıda, 19(5): 329-331.
- Akın SM, Sahan N. 1998. Şanlıurfa'da üretilen taze Urfa peynirlerinin kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, 21-22 Mayıs, Ankara, 621: 282-296 s.
- Almeida CM, Simões I. 2018. Cardoon-Based rennets for cheese production. Applied Microbiology and Biotechnology, 102: 4675-4686.
- Al-Otaibi MM, Wilbey RA. 2005. Effect of chymosin and salt reduction on the quality of ultrafiltrated white-salted cheese. Journal of Dairy Research, 72(2): 234-242.
- Anonim 1978. Peynirde yağ miktarı tayini (Van Gulik Metodu). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. URL: <https://intweb.tse.org.tr>, (Erişim Tarihi: 30.06.2022).
- Anonim 1995. Türk Standartları Enstitüsü, Beyaz peynir standardı. TS 591, Ankara. URL: <https://intweb.tse.org.tr>, (Erişim Tarihi: 30.06.2022).
- AOAC, 1990. Official methods of analysis. 15th Ed., Association of official analysis chemists: Arlington, VA, USA.
- Bayram U, Tarakçı Z. 2020. Farklı meyve tozları ilave edilen kaşar peynirlerinin renk değerleri ve tekstürel özellikleri üzerine olgunlaşmanın etkilerinin belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 9(2): 363-372.
- Bontinis TG, Mallatou H, Alichanidis E, Kakouri A ve Samelis J. 2008. Physicochemical, microbiological and sensory changes during ripening and storage of Xinotyri, a traditional Greek cheese from raw goat's milk. International Journal of Dairy Technology, 61: 229-236.
- Bornaz S, Guizani N, Fellah N, Sahli A, Slama MB, Attia H. 2010. Effect of plant originated coagulants and chymosin on ovine milk coagulation. International Journal of Food Properties, 13: 10-22.
- Bulut B. 2006. Çiğ pastörize sütün işlenen Mihaliç peynirlerinin kimyasal bileşimi ve olgunlaşma sırasındaki mikrobiyal florasındaki değişimin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Konya.
- Bulut-Solak B. 2013. Farklı tip peynirler kullanılarak üretilen Eritme tipi peynirlerin üretimi esnasında uygulanan işlem parametrelerinin peynirin bazı özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

- Cinbaş T, Kılıç M. 2006. Proteolysis and lipolysis in White cheese manufactured by two different production methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 530-537.
- Crow VL, Coolbear T, Holland R, Pritchard GG, Martley FG. 1993. Starters as finishers: starter properties relevant to cheese ripening. *International Dairy Journal*, 3: 423-460.
- Çakmakçı S, Cantürk A, Çakır Y. 2017. Peynir üretimi için sütü pıhtılaştırıcı enzimlere genel bir bakış ve güncel gelişmeler. *Akademik Gıda*, 15(4): 396-408.
- Çardak AD. 2014. Peynir üretiminde bitkisel proteaz kullanımı. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 17-19 Nisan 2014, 517 s, Adana.
- Dağdemir E, Çelik G, Özdemir S. 2003. The effects of some starter cultures on the properties of Turkish White cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 56: 215-218.
- Demir FH. 2021. Koyun, inek ve keçi sütlerinden üretilen Edirne Beyaz peynirlerinin depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal açıdan değerlendirilmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 279s.
- Diana M, Rafecas M, Arco C, Quilez J. 2014. Free amino acid profile of Spanish artisanal cheeses: Importance of gamma-aminobutyric acid (GABA) and ornithine content. *Journal of food composition and analysis*, 35: 94-100.
- Egito AS, Girardet JM, Laguna LE, Poirson C, Molle D, Miclo L, Humbert G, Gaillard JL. 2007. Milk-clotting activity of enzyme extracts from sunflower and albizia seeds and specific hydrolysis of bovine k-casein. *International Dairy Journal*, 17: 816-825.
- Fadıloğlu S. 2001. Immobilization and characterization of ficin. *Nahrung/ Food* 45(2): 143- 146.
- Fırat N. 2006. Çiğ ve pastörize süten üretilen Kaşar peynirlerinin olgunlaşma süresince bazı mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Fox PF, McSweeney PLH, Singh TK. 1995. Methods for assessing proteolysis in cheese during maturation. In chemistry of structure- function relationships in cheese (Pp. 161-194). Springer, Boston, MA.
- Fox PF, McSweeney PLH. 2004. Cheese: an overview." In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (eds) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol 1. Academic Press, Cambridge, pp 1-18.
- Fox PF, Guinee T, Cogan TM, McSweeney PLH. 2016. Microbiology of cheese ripening. *Fundam. Cheese Science*, 333-390.
- Garcia V, Rovira S, Boutoial K, Ferrandini E, López MB. 2016. Physicochemical, microbiological, textural and sensory changes during the ripening of pasteurised goat milk cheese made with plant coagulant (*Cynara scolymus*). *International Journal of Dairy Technology*, 69(1):96-102
- Garcia V, Rovira S, Teruel R, Boutoial K, Rodríguez J, Roa I, López MB. 2012. Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goat's cheese. *Dairy Science and Technology*, 92: 691-707.
- Gemici R. 2017. Transglutaminaz enziminin yarım yağlı Kaşar peynirinde tekstür ve peptid oluşumuna etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123s, Isparta.
- Gülter S. 2011. Dondurarak kurutulan Kaşar peyniri tozlarının özellikleri üzerine peynirin üretim yönteminin, yağ oranının ve olgunluğunun depolama sürecindeki etkileri. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Gün İ, Güzel-Seydim Z, Seydim AC. 2009. Modifiye atmosferde paketlenen farklı tipteki peynirlerin bazı niteliklerine etkisi. *Gıda*, 34(5): 309-316.
- Halkman AK (Ed.). 2005. Gıda mikrobiyolojisi uygulamaları. Başak Matbaacılık, 358s,
- Hayaloğlu AA, Güven M, Fox PF. 2002. Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White Cheese 'Beyaz Peynir'. *International Dairy Journal*, 12: 635-648.
- Hayaloğlu AA. 2003. Starter olarak kullanılan bazı *Lactococcus* suşlarının Beyaz peynirlerin özellikleri ve olgunlaşmaları üzerine etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 170s, Adana.
- Hayaloğlu AA, Güven M, Fox PF, McSweeney PLH. 2005. Influence of starters on chemical, biochemical, and sensory changes in Turkish White-brined cheese during ripening. *Journal of Dairy Science*, 88:3460-3474.
- IDF 1987. Determination of total solids content. IDF standard 21B. Brussels, Belgium: International Dairy.
- IDF 1993. Milk, determination of nitrogen content. FIL-IDF 20B, Brussels, Belgium.
- Jalilzadeh A, Hedasi J, Peighambardoust SH ve Javidipour I. 2017. The effect of ultrasound treatment on microbial and physicochemical properties of Iranian ultrafiltered feta-type cheese. *Journal of Dairy Science*, 101: 5809-5820.
- Karagül-Yüceer Y, İşleten M, Uysal-Pala Ç. 2006. Sensory characteristics of Ezine cheese. *Journal of Sensory Studies*, 22(1): 49-65.
- Karahan AG, Başığit Kılıç G, Kart A, Şanlıdere Aoloğlu H, Öner Z, Aydemir S, Erkuş O, Harsa Ş. 2010. Genotypic identification of some lactic acid bacteria by amplified fragment length polymorphism analysis and investigation of their potential usage as starter culture combinations in Beyaz cheese manufacture. *Journal of Dairy Science*. 93: 1-11.
- Kasimoğlu A, Göncüoğlu M, Akgün S. 2004. Probiotic White Cheese with *Lactobacillus acidophilus*. *International Dairy Journal*, 14: 1067-1073.
- Kuchroo CN, Fox PF. 1982. Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37(6): 331- 335.
- Laemmler UK. 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
- Mureşan CC, Marc RAV, Anamaria Semenici C, Ancu, TS Socaci S, Fărcaş, A, Fracisc D, Rodica Pop C, Rotar A, Dodan A, Muresan V. 2021. Changes in physicochemical and microbiological properties, fatty acid and volatile compound profiles of Apuseni cheese during ripening. *Foods*, 10(2): 258.
- Öner Z, Karahan AG, Aoloğlu H. 2006. Changes in the microbiological and chemical characteristic of an artisanal Turkish white cheese during ripening. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5): 449-454.
- Öner Z, Sarıdağ AM. 2018. Proteolysis in the Beyaz (White) cheese produced from various milk. *Journal of Agricultural Sciences*, 24: 269-277.
- Özbaş ZY. 1991. *Acidophilus*'lu yoğurt üretim teknikleri. Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Ankara.
- Özcan T, Eroğlu E. 2018. Sütün enzimatik koagülasyonu ve peynir üretiminde bitkisel pıhtılaştırıcılar. *Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2): 201-214.
- Özer B, Atasoy F, Akın 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.
- Öztürk Hİ. 2015. Geleneksel yöntemle üretilen Tulum peynirlerinin bazı kalite özelliklerinin, biyoaktif peptid içeriklerinin ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Raposo S, Domingos A. 2008. Purification and characterization milkclotting aspartic proteinases from *Centaurea calcitrapa* cell suspension cultures. *Process Biochemistry*, 43:139-144.
- Reis PJM, Malcata FX. 2011. Current state of Portuguese dairy products from ovine and caprine milks. *Small Ruminant Research*, 101(1-3):122- 133.

- Sandra M, Dean J, Pavle S, Ljupco A, Marija R, Mirko P. 2013. Microbiological properties and chemical composition of Macedonian traditional White brined cheese. *Macedonian Veterinary Review*, 36(1): 13-18.
- Say D, Güzeler N. 2016. Süt pıhtılaştırılmasında kullanılan bazı bitkiler. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, TARGİD Özel Sayı*: 253-261.
- Serteser A, Gök V. 2003. Süt pıhtılaştırıcıları olarak bazı doğal bitki türlerinin kullanılması. *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 22-23 Mayıs, 325-328 s, Bornova, İzmir.
- Shabbir U, Huma N, Javed A. 2019. Compositional and textural properties of goat's milk cheese prepared using dahi (yogurt) as the starter culture. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22.
- Soltani M. 2013. İran'da üretilen Ultrafiltre Beyaz peynirin özellikleri üzerine tuz oranı ve depolama süresinin etkileri. *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 168s, Adana.
- Sousa MJ, Malcata FX, 2002. Advances in the role of a plant coagulant (*Cynara cardunculus*) in vitro and during ripening of cheeses from several milk species. *Lait* 82: 151-170.
- Süner G. 2018. Farklı ticari rennetler ile üretilen Beyaz peynirlerde uçucu bileşenler ve serbest amino asitlerin belirlenmesi. *Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- Tarakci Z, Deveci F. 2019. The effects of different spices on chemical, biochemical, textural and sensory properties. *Mljekarstvo*, 69(1): 64-77.
- Tunçtürk Y, Yarımbatman S. 2005. Peynirde proteoliz tipine ve oranına etki eden faktörler. *Gıda*, 30: 9-14.
- Üçüncü M. 2004. A'dan Z'ye Peynir teknolojisi. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*.
- Üçüncü M. 2015. Süt ve mamulleri teknolojisi. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*. 192s.
- Yetişemiyen A. 2007. Süt Teknolojisi. *Ankara Üniversitesi Basımevi*.