



CYNARA CARDUNCULUS PROTEAZI KULLANILARAK ÜRETİLEN KEÇİ PEYNİRİNİN DUYUSAL ÖZELLİKLERİ VE UÇUCU BİLEŞEN PROFİLİ

Hasan Uzkuç^a, Nesrin Merve Çelebi Uzkuç^b, Yonca Karagül Yüceer^{b*}

^aÇanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Çanakkale, Türkiye

^bÇanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Geliş/Received: 28.02.2023; Kabul /Accepted: 22.05.2023; Online baskı /Published online: 17.06.2023

Uzkuç, H., Çelebi Uzkuç N. M., Karagül Yüceer Y. (2023). *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilen keçi peynirinin duyuşal özellikleri ve uçucu bileşen profili. GIDA (2023) 48 (4) 683-697 doi: 10.15237/gida.GD23026

Uzkuç, H., Çelebi Uzkuç N. M., Karagül Yüceer Y. (2023). *Sensory properties and volatile profile of goat cheese produced using cynara cardunculus protease. GIDA (2023) 48 (4) 683-697 doi: 10.15237/gida.GD23026*

ÖZ

Bu çalışmada bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımı ve depolamanın keçi peynirinin kimyasal ve duyuşal özellikleri ile uçucu bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla pastörize keçi sütünden hayvansal rennet ve *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanılarak üretilen peynirler 90 gün süreyle buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Peynirlerin titrasyon asitliği değerleri, kurumadde ve suda çözünür azot oranları ile toplam serbest aminoasit değerleri depolama süresince artmıştır. Limonenin tüm peynirlerde en yüksek miktarda bulunan uçucu bileşen olduğu saptanmıştır. En yüksek limonen konsantrasyonu 3152.00 µg/100 g olarak bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılan peynirde 90. günde belirlenmiştir. Heksanoik, oktanoik ve dekanoik asit, peynirlerin karakteristik uçucu bileşenleri olarak belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda bitkisel ve hayvansal pıhtılaştırıcı kullanılarak üretilen peynirler sırasıyla 2.35 ve 0.58 ransit aroma ve 0.76 ve 0.09 acı tat skorları almışlardır. Duyusal değerlendirme ve kimyasal analiz sonuçlarına göre *Cynara cardunculus* L. proteazının hayvansal rennete alternatif olabileceği sonucuna varılmış, bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımının depolama süresince peynirlerde aşırı düzeyde proteolize neden olmadığı ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Keçi peyniri, bitkisel pıhtılaştırıcı, proteoliz, lezzet profili, uçucu bileşen

SENSORY PROPERTIES AND VOLATILE PROFILE OF GOAT CHEESE PRODUCED USING *CYNARA CARDUNCULUS* PROTEASE

ABSTRACT

In this study, the effects of the using plant coagulant and storage on the chemical and sensory properties and volatile components of goat cheese were investigated. For this purpose, pasteurized goat milk used to produce goat cheese by adding animal rennet and plant origin rennet (*Cynara cardunculus* L.). Cheeses were stored under refrigerator conditions for 90 days. Titratable acidity values, dry-matter, water-soluble nitrogen ratios, and total free amino acid values of cheeses increased during storage. Limonene was detected to be the volatile compound found in the most abundant in all cheeses. The highest limonene concentration was determined as 3152.00 µg/100 g in cheese produced using plant coagulant on the 90th day. Hexanoic, octanoic and decanoic acids were

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: yoncayuceer@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 218 0018/20051

☎: (+90) 286 218 0541

Hasan Uzkuç; ORCID no: 0000-0002-0937-7598

Nesrin Merve Çelebi Uzkuç; ORCID no: 0000-0001-8822-7864

Yonca Karagül Yüceer; ORCID no: 0000-0002-9028-2923

determined as characteristic volatile compounds of cheeses. As a result of the sensory evaluation, the cheeses produced using plant and animal coagulant had a rancid aroma score of 2.35 ve 0.58 and a bitter taste score of 0.76 ve 0.09, respectively. According to the results of sensory evaluation and chemical analysis, it was concluded that *Cynara cardunculus* L. protease could be an alternative to animal rennet, and it was revealed that the use of plant coagulants did not cause excessive proteolysis in cheeses during storage.

Keywords: Goat cheese, plant coagulant, proteolysis, flavor profile, volatile compound

GİRİŞ

Süt proteinlerinin denatürasyonu ve sütün pıhtılaşmasına bağlı jel oluşumu peynir ve fermente süt ürünleri üretiminin temelini oluşturmaktadır. Süt proteinlerinin koloidal kararlılığını değiştirmek ve böylece arzulan ürünler işlenmesini sağlamak amacıyla; süte enzim ilavesi, asitlendirme, ısl işlem uygulaması veya bu yöntemlerin kombinasyonları kullanılmaktadır (Fox, 1989). Birçok peynir çeşidi için üretimin temeli olan sütün enzimlerle koagülasyonu, süt endüstrisi için büyük önem taşımaktadır. Sütü pıhtılaştırıcı enzimler hayvanlardan, bitkilerden veya mikroorganizmalardan elde edilmektedir. Peynir üretiminde en yaygın kullanılan pıhtılaştırıcı, süt emme döneminde olan ve geviş getiren hayvanların şirdeninden elde edilen kimoziin/pepsin (90/10) enzim içeriğindeki rennettir. Kimoziin (EC, 3.4.23.4) süt proteini K-kazeini fenilalanin-metionin (105-106) peptit bağından kırar ve çözünmeyen para-K-kazeini oluşturarak sütün pıhtılaştırır. Kimoziin bu işlem için çok spesifik olup protein ile peptitler arasında uygun oranı sağlamakta ve depolama sırasında aşırı proteolizi engellemektedir. Bunun aksine pepsin belirli bir bölgeyi hedeflemeyen proteolitik aktivitesinden dolayı rennette yüksek yüzdelerde bulunduğu aşırı proteolize neden olarak yapısal bozukluklara ve verim kaybına neden olmaktadır (Çakmakçı vd., 2017). Süte ilave edilen pıhtılaştırıcı enzimlerin büyük bir kısmı peyniraltı suyu ile ayrılmakta ve ilave edilen enzimin yaklaşık %0-15 kadarı pıhtıda kalmaktadır (Sousa vd., 2001). Pıhtıda kalan süt pıhtılaştırıcı enzimler kazein fraksiyonlarını hidrolize ederek peynirlerin duysal ve fonksiyonel özelliklerine önemli ölçüde etki etmektedir (Fox ve McSweeney, 1996; Barac vd., 2016).

Uzun yıllardan beri halk arasında bazı süt ürünlerinin yapımında incir, teleme otu, yoğurt

otu, papain, ebegümeçi, deve dikenii, sütleğen gibi bitkiler pıhtılaştırıcı olarak kullanılmaktadır (Say ve Güzeler, 2016). Bitkilerin kök, gövde, yaprak, çiçek, tohum ve meyve gibi farklı kısımlarında bulunan proteolitik enzimler pıhtılaşmayı sağlamaktadır. Bitkisel pıhtılaştırıcılar genel olarak ev tipi üretimler, küçük mandıralar veya çiftliklerde usta yapımı peynirlerde tercih edilmektedir. Bitkisel enzimler optimum pH ve sıcaklık değerlerinin yüksek oluşu ve yüksek sıcaklık işlemi gören sütleri de etkili olarak pıhtılaştırması dolayısıyla hayvansal enzimlerden farklılaşmaktadır. Bitkisel proteazlar pepsinde olduğu gibi kuvvetli proteolitik aktiviteye sahip olduklarından elde edilen pıhtının randımanı düşük olmakta, olgun peynirde lezzet (acıklık) ve tekstür (yumuşama) kusurları meydana gelmektedir (Shah vd., 2014). Bu nedenle bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılarak sütün pıhtılaştırılmasında bitki seçimi yanında kullanım miktarı ve mayalama süresi önem arz etmektedir.

Sütü pıhtılaştırmada kullanılacak bitkisel kaynaklı enzimlerle ilgili çeşitli araştırmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalarda *Onopordum turcicum* (Tamer, 1993), kiwi (*Actinidia chinensis* Deliciosa) (Puglisi vd., 2014), *Solanum elaeagnifolium* (Chavez-Garay vd., 2015), *Cynara cardunculus* (Abd El-Salam vd., 2017) ve farklı çok sayıda bitkinin (Say ve Güzeler, 2016) süt pıhtılaştırma özelliği araştırılmıştır. *Cynara* türlerinden izole edilen cardosin ve cyrosin enzimleri kimoziin ve pepsinle benzer etkilere sahip olduğundan (Verissimo vd., 1996) geleneksel süt pıhtılaştırıcılara alternatif olma potansiyeli taşımaktadırlar. Ülkemizde ticari peynir üretiminde bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılmamaktadır. Ancak yüzyıllardır Akdeniz, Batı Afrika ve Güney Avrupa ülkelerinde yabani enginarın (*Cynara cardunculus*) kurutulmuş çiçeklerinden elde edilen proteaz karışımı (baskın enzim Cardosin A) küçükbaş hayvan sütlerinden

üretilen geleneksel bazı peynirlerin üretiminde kullanılmaktadır (Shah vd., 2014). Özellikle İspanya ve Portekiz'de *Cynara* türleri kullanılarak üretilmiş çeşitli koyun ve keçi peynirleri bulunmaktadır (Tejada vd., 2008).

Bitkisel pıhtılaştırıcıların endüstriyel üretimlerde kullanılabilmesi ancak peynir üretiminde yüzyıllardır kullanılan rennet enzimine benzer etki göstermesine bağlıdır. Bu etki sütün mayalanması ve peynirin depolanması boyunca meydana gelen en karmaşık ve en önemli biyokimyasal reaksiyon olan proteoliz ile ölçülebilir. Proteoliz her peynirin karakteristik duyu özellikleri ve aroma bileşiklerini oluşturan temel proses olmasının yanında aşırı olması durumunda neden olacağı acılık ile peynirin raf ömrünü ve ekonomik değerini etkileyebilecek bir unsurdur.

Beslenmenin temelindeki süt ve süt ürünleri arasında olan ve toplum tarafından sağlıklı yaşamın önemli öğelerinden biri olarak kabul edilen keçi sütü inek sütüne kıyasla farklı protein kompozisyonuna sahiptir (Ceballos vd., 2009). Bununla birlikte sınırlı hayvansal rennet üretimi ve yüksek maliyeti, dinsel faktörler, diyet ve bazı ülkelerde rekombinant buzağı mayasının yasaklanması nedeniyle bitkisel pıhtılaştırıcılara olan ilgi ve ihtiyaç artmaktadır (Shah vd., 2014). Bu nedenlerle keçi sütünün bitkisel enzimlerle pıhtılaştırılmasıyla üretilen peynirlerin araştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada Türk Saanen ırkı keçilerden elde edilmiş süt kullanılarak yarı sert Beyaz peynir tipi keçi peyniri üretiminde bitkisel kaynaklı pıhtılaştırıcı enzim kullanımı ve depolama süresinin keçi peynirinin proteoliz düzeyi, bazı kimyasal ve duyu özellikleri ile uçucu bileşenleri üzerine etkileri ile aynı koşullarda hayvansal pıhtılaştırıcı kullanılarak üretilmiş peynirlerden farklarının ortaya konması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Peynir Üretimi

Peynirlerin üretimi Ekozey A.Ş. Gökçeada üretim tesislerinde Uzkuç vd. (2018) tarafından önerilen yöntem kullanılarak iki tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Mutlu Keçiler Çiftliği'nden (İmbroz Ltd. Şti.) temin edilen Türk Saanen ırkına

ait çiğ keçi sütü 65 °C 30 dk pastörizasyon ve 34.5 °C 90 dk mayalama prosesi uygulanarak peynire işlenmiştir. Üretimde kullanılan çiğ keçi sütü; 6.49 pH değeri ile %12.1 kurumadde, %3.5 toplam protein ve %3.5 yağ oranına sahiptir. Süt pıhtılaştırmada ticari *Cynara Cardunculus* proteazı (Abiasa, Pontevedra, İspanya) ve buzağı renneti (kimozin/pepsin oranı 90/10, Rumeli Maya, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. Üretim esnasında yapılan maya testinde hayvansal rennetin kuvveti 1/16460, bitkisel rennetin kuvveti 1/12740 olarak belirlenmiştir. Test sonucuna göre 10 L süt için 1.2 mL bitkisel rennet ve 1 mL hayvansal rennet kullanılarak mayalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Üretilen peynirler Cryovac vakum shrink peynir torbalarında (Sealed Air, İstanbul, Türkiye) ambalajlanarak 6-8 °C'deki soğuk hava deposunda 90 gün süreyle depolanmıştır. Bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirler B, hayvansal enzim kullanılarak üretilen peynirler H olarak kodlanmıştır. Peynirlerin kimyasal analizleri ve duyu değerlendirmeleri depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde, uçucu bileşen analizleri ise sadece depolamanın 1 ve 90. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

Kimyasal Analizler

Peynir örneklerinde % laktik asit cinsinden titrasyon asitliği (LA), kurumadde, tuz, kül, protein (AOAC, 2000) ve yağ oranları (NEN, 1969) belirlenmiştir. Ayrıca peynirlerde proteoliz düzeyini belirlemek amacıyla suda çözünen ve çözünmeyen azotlu maddeler analiz edilmiştir.

Peynirlerde suda çözünür azot (SÇA) içeriği Kuchroo ve Fox (1982)'un önerdiği yöntemle ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla, 40 °C'de 1:2 oranında peynir su karışımı blender (Janke & Kunkel KG, IKA, WERK) yardımıyla 2 dk homojenize edilmiş ve su banyosunda bekletilmiştir (40 °C'de 1 saat). Hazırlanan örnekler 4 °C'de 3000 g'de 30 dk santrifüj (Eppendorf Marka, 5810 R Model santrifüj, Hamburg, Almanya) edilmiş, üst kısımdaki yağ tabakası uzaklaştırılıp sıvı kısım Whatman No 42 filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen suda çözünür fraksiyonda SÇA (AOAC, 2000) ve toplam serbest amino asit (TFAA) oranları, suda çözünmeyen kısımda ise üre poliakrilamid jel

elektroforezi (urea-PAGE) ile protein fraksiyonları belirlenmiştir.

TFAA oranını belirlemek amacıyla 1000 µL Cd-ninhidrin reaktifi 500 µL örnekle (uygun oranda seyreltilmiş) karıştırılmıştır (Doi vd. 1981). Elde edilen karışım 80 °C'de 10 dk bekletilmiş ve süre sonunda soğutulan örneklerin spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1800 UV-vis, Japonya) 508 nm dalga boyundaki absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar mg lösün/g peynir olarak ifade edilmiştir.

Peynir örneklerinin suda çözünmeyen fraksiyonlarında proteolizi belirlemek amacıyla urea-PAGE elektroforetik analizleri yapılmıştır. Urea-PAGE Andrews (1983)'in önerdiği ve Shalabi ve Fox (1987) tarafından modifiye edildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir. Elektroforez, PROTEAN LI XI dikey slab-jel ünitesi (Bio-Rad Laboratories Ltd., Watford, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen jeller Blakesley ve Boezi (1977)'de belirtildiği gibi Coomassie Brilliant Blue G250 ile direkt olarak boyanmıştır. Sonuçlar örneklerle birlikte yürütülen inek kazeini standardıyla (sodyum kazeinat) kıyaslanarak ve literatürden faydalanılarak değerlendirilmiştir.

Uçucu Bileşen Analizleri

Uçucu bileşenlerin tanımlanması ve miktar belirlenmesi için Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) (GC 6890, MS 6890N, Agilent Technologies, Wilmington, DE, ABD) ve polar olmayan özellikteki DB-5MS kolonu (60 m x 0.25 mm ID, 0.25 µm, Agilent Technologies) kullanılmıştır. Uçucu bileşenler katı faz mikroekstraksiyon tekniği (SPME) kullanılarak izole edilmiştir (Uzkuç vd., 2018). GC-MS koşulları: Taşıyıcı gaz akışı 1.5 mL/dk, fırın programı başlangıç sıcaklığı 40 °C'de 1 dk, Rampa1 8 °C/dk, 230 °C, Rampa2 180 °C'de 15 dk, son sıcaklık ve süre 250 °C'de 15 dk. MS şartları; kapiler arayüz sıcaklığı 280 °C, iyonizasyon enerjisi: 70 eV; kütle aralığı 35 ile 350 amu, tarama hızı 4.45 scans/s. Uçucu bileşenlerin tanımlanmasında National Institute of Standards and Technology (NIST, 2008) ve Wiley Registry of Mass Spectral Data (Wiley, 2005) kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Tanımlanan

uçucu bileşenlerin alıkonma indeksleri (RI) Van den Dool ve Kratz (1963) tarafından belirtildiği şekilde, miktarları ise iç standartlarla (2-metil valerik asit ve 2-metil-3-heptanon) kıyaslanarak oransal bolluklarına göre belirlenmiş (Avsar vd., 2004) ve sonuçlar 100 g peynirde µg olarak verilmiştir.

Duyusal Analiz

Peynirlerin duyuusal değerlendirmesinde Spectrum™ metodu kullanılmıştır (Meilgaard vd., 1999). Değerlendirme peynir ve süt ürünlerinde lezzet profil analizi konusunda yaklaşık 100 saatlik eğitim almış 6 panelist (yaşları 25-50 arasında olan 5 kadın, 1 erkek) tarafından her bir depolama günü için ayrı ayrı düzenlenen panellerde gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme için panelistlere küp şeklinde kesilmiş (yaklaşık 1x1x1 cm boyutlarında) iki dilim halinde bitkisel ve hayvansal enzim kullanılarak üretilmiş iki örnek 3 basamaklı tesadüfi numaralarla kodlanmış kaplarda, oda sıcaklığında sunulmuştur. Tadım aralarında panelistlere ağızlarını nötrlemeleri amacıyla ekmek ve su verilmiştir. Örnekler iki paralel olarak panelistlere sunulmuş ve terimlerin yoğunluklarını 10 puanlı skala üzerinde değerlendirmeleri istenmiştir.

İstatistiksel analizler

Pıhtılaştırıcı enzim ve depolama süresinin incelenen özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla varyans analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Varyans analizinin şartlarını yerine getirmeyen veriler (varyansların homojenliği ve normal dağılım) için varyans analizinin nonparametrik karşılığı olan WELCH testi kullanılmıştır. Verilerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli farkları belirlemek amacıyla TUKEY çoklu karşılaştırma (TUKEY-HDS) testi kullanılmıştır (Sheskin, 2004). SPSS (for Windows, version 24.0) (SPSS, 2016) istatistik paket programı kullanılarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Peynirlerin bazı kimyasal özellikleri üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresi faktörlerinin etkileri istatistiksel olarak değerlendirilmiş, peynirlere ilişkin analiz sonuçları

Çizelge 1’de sunulmuştur. Belirlenen özelliklerden yağ, tuz, kül ve protein oranları bakımından H ve B peynirleri benzer bulunmuş olup bu özellikler üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresi faktörlerinin etkisi önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). H ve B peynirlerin yağ oranlarının %18.00-20.50, tuz oranlarının %2.20-2.85, kül oranlarının %4.35-4.82 ve protein oranlarının %17-90-19.08 arasında değiştiği belirlenmiştir. Peynirlerin yağ ve protein içerikleri, çiğ sütün

bileşimi ve peynir yapım teknikleriyle ilişkilendirilebilecek küçük farklılara rağmen, genel olarak çalışmalarla (Miloradovic vd., 2017; Barłowska vd., 2018; Say, 2022) uyumludur. *Cynara cardunculus* proteazı ve hayvansal pıhtılaştırıcı kullanarak üretilen keçi peynirlerinin incelendiği bir çalışmada, çalışmamıza benzer bir şekilde farklı tip pıhtılaştırıcı kullanımının peynirlerin genel bileşimlerini önemli derece farklılaştırmadığı bulunmuştur (Pino vd., 2009).

Çizelge 1. Peynirlerin kimyasal özellikleri
Table 1. Chemical properties of cheeses

Peynir Cheese	Gün Day	Kimyasal Özellik/Chemical Property							
		LA %	KM %	Yağ % Fat %	Tuz % Salt %	Kül % Ash %	Protein % Protein %	SÇA %	TFAA
H	1	0.47±0.00 ^c	42.71±0.12 ^b	19.63±0.31 ^a	2.59±0.20 ^a	4.35±0.20 ^a	17.90±0.12 ^a	0.40±0.00 ^c	0.97±0.36 ^c
	30	0.58±0.00 ^b	44.04±0.27 ^{ab}	20.38±0.43 ^a	2.24±0.09 ^a	4.49±0.01 ^a	18.36±0.37 ^a	0.55±0.00 ^{bc}	2.61±0.26 ^{bc}
	60	0.86±0.01 ^a	43.93±0.10 ^{ab}	20.38±0.55 ^a	2.70±0.15 ^a	4.53±0.03 ^a	18.04±0.24 ^a	0.64±0.01 ^b	3.28±0.25 ^{ab}
	90	0.85±0.02 ^a	45.13±0.24 ^a	20.50±0.54 ^a	2.85±0.27 ^a	4.66±0.05 ^a	18.01±0.26 ^a	1.04±0.04 ^a	5.11±0.41 ^a
B	1	0.50±0.01 ^D	42.33±0.87 ^B	18.00±0.74 ^A	2.20±0.20 ^A	4.63±0.06 ^A	18.39±0.10 ^A	0.39±0.01 ^D	1.10±0.14 ^C
	30	0.64±0.01 ^C	43.82±0.23 ^{AB}	19.25±0.60 ^A	2.40±0.18 ^A	4.82±0.17 ^A	18.57±0.30 ^A	0.54±0.03 ^C	1.78±0.13 ^{BC}
	60	0.82±0.03 ^B	45.41±0.20 ^A	18.75±0.78 ^A	2.77±0.32 ^A	4.66±0.13 ^A	18.72±0.15 ^A	0.73±0.04 ^B	4.63±0.27 ^{AB}
	90	0.94±0.01 ^A	44.88±0.74 ^A	19.63±0.55 ^A	2.76±0.20 ^A	4.51±0.02 ^A	19.08±0.38 ^A	1.14±0.06 ^A	6.24±0.70 ^A

Sonuçlar ortalama ± standart hata olarak sunulmuştur. ^{a-c} Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$). ^{A-D} Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$). H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, LA: laktik asit, KM: kurumadde, SÇA: suda çözünen azot, TFAA: toplam serbest amino asit (mg lösin/g peynir).
Values presented as mean ± standard error. ^{a-c} Means in the same column followed by different lowercase letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$). ^{A-D} Means in the same column followed by different uppercase letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease, LA: lactic acid, KM: dry matter, SÇA: water soluble nitrogen, TFAA: total free amino acid (mg leucine/g cheese).

Peynirlerin kurumadde ve LA değerleri üzerine sadece depolama süresinin etkisi önemli bulunmuş ve depolama günlerine ait peynir ortalamaları Çizelge 1’de sunulmuştur ($P \leq 0.05$). Peynirlerin LA ortalamaları %0.47-0.94 değer aralığında bulunmuş, depolama süresinin uzamasıyla peynirlerin LA değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Peynir asitliği, üretimde kullanılan çiğ sütün doğal ve gelişen asitliği üzerine sürece dahil olan mikroorganizmalar ve pıhtılaşmanın katkısıyla depolama süresince gelişmektedir. Peynirdeki asitliğin bir kısmı kazein ve parakazeinden, önemli bir kısmı ise laktik asit ve laktik asit bakterilerinin faaliyeti sonucunda laktozun fermentasyonu sonucu üretilen asitler ile meydana gelmektedir (Fox vd., 2017). Peynir üretiminde keçi sütüne starter kültür ilave edilmemesine rağmen, uygulanan klasik pastörizasyon normuyla inhibe olmayan bakteriler ve bakteri sporları peynir üretim süreci ve depolama boyunca tüm

peynirlerin asitliğinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Hayaloglu vd. (2013) keçi sütü kullanarak ürettikleri peynirlerde 90 günlük depolama süresince LA değerlerini %0.15 ve 0.71 arasında belirlemişlerdir. Bulgular depolama günlerinin ortalamaları bakımından çalışmamızda elde edilen sonuçlardan düşük, depolama süresiyle orantılı asitlik artış eğilimiyle benzer bulunmuştur.

Peynirlerin kurumadde oranları depolamanın 30., 60. ve 90. günlerinde benzer değerler almış ve bir gün depolanmış peynirlerden yüksek bulunmuştur. Depolamanın 1. gününde H ve B peynirlerin kurumadde oranları sırasıyla %42.71 ve %42.33 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Peynirlerde kurumadde; kullanılan sütün bileşimi, işleme tekniği ve depolama işleminden doğrudan etkilenmektedir. Beyaz peynir tuzlandıktan sonra tuz merkeze doğru hareket ederek peynirin su salmaya başlamasıyla peynirin yapısında

dağılmaktadır. Bu işlem tuzun tamamen homojen olarak dağılmasına kadar depolama süresince devam etmekte, buna bağlı olarak peynirlerin kurumadde oranları değişebilmektedir (Soltanı, 2013). Üretilen peynirler 12-14 saat salamurada bekletildikten sonra vakum altında paketlenmiştir. Depolanan peynirlerin taze peynirlerden daha yüksek kurumadde içeriğine sahip olması peynir bünyesinde gerçekleşen tuz hareketine bağlı olarak peynirden su salınması ve bu su kaybı neticesinde nem oranının azalmasına bağlanabilir. Çayır ve Güzeler (2020) keçi sütü kullanarak ürettikleri depolanmış keçi peynirinde çalışmamıza benzer kurumadde değerleri elde etmişlerdir. Depolama boyunca elde edilen kurumadde ortalamaları farklı çalışmalarda keçi sütünden yapılan peynirlerin kurumadde oranlarıyla benzer bulunmuştur (Serhan, 2010; Uzkuç vd., 2018). Garcia vd. (2013) Murciano-Granadina keçi sütünden *Cynara cardunculus* proteazı ve farklı starter kültürler kullanarak ürettikleri keçi peynirlerinde çalışmamızdaki depolama ile kurumadde artışına benzer eğilimde depolama ile peynirlerin nem miktarının azaldığını belirlemişlerdir.

Peynir üretiminde başta pıhtılaştırıcı enzim ve mikroflora kaynaklı enzimler olmak üzere proteinler çeşitli proteazlar vasıtasıyla parçalanmaktadır. Proteolize bağlı olarak protein parçalanması üretim ve depolama süresince devam etmekte ve ortamda oluşan serbest amino asitler ve peptitlerin miktarı artmaktadır (Sousa vd., 2001).

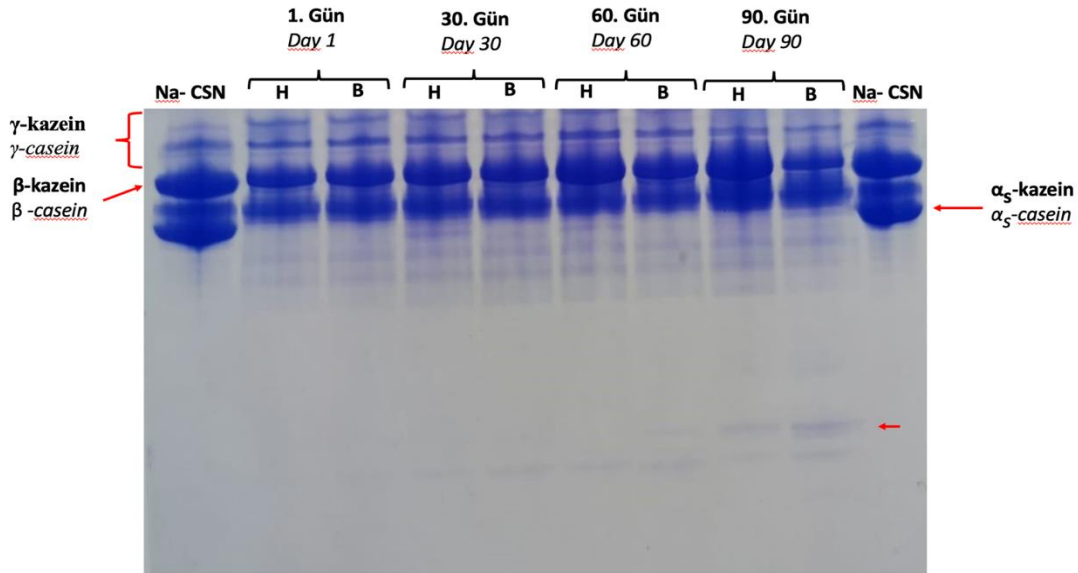
Peynirde SÇA oranındaki yükseliş, küçük ve orta büyüklükteki peptitler ve serbest amino asitlerin salınmasıyla ilişkili olup proteinlerin parçalanması hakkında bilgi sunmaktadır (Zaravela vd., 2021). Ayrıca TFAA değeri sütün doğal enzimleri, pıhtılaştırıcılar ve peynir mikrobiyotası kaynaklı proteolizin bir göstergesi olarak bilinmektedir (Say, 2022). Yapılan çalışmada peynir üretiminde hayvansal veya bitkisel kaynaklı enzim kullanımının peynirlerin SÇA ve TFAA sonuçlarını istatistiksel olarak önemli derecede etkilemediği ($P > 0.05$), ancak depolama süresinin bu iki özellik üzerine etkisinin önemli olduğu bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Çizelge 1). Peynirlerin

TFAA değerlerinin depolama ile arttığı ve depolanmış peynirlerin proteoliz düzeyinin taze peynirlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 1). Peynirlerdeki TFAA artış eğilimine benzer şekilde peynirlerin SÇA oranları da depolama boyunca artış göstermiştir. Peynirlerin SÇA oranları H ve B peynirleri için sırasıyla depolama başlangıcında %0.40 ve %0.39 iken 90 günlük depolama neticesinde %1.04 ve %1.14 oranlarına ulaşmıştır. Garcia vd. (2013) farklı starter kültür kullanımının keçi peynirinin SÇA oranlarını önemli düzeyde etkilediğini, depolama süresinin artmasıyla üretimde kullanılan starter kültür çeşidinden bağımsız olarak peynirlerin SÇA oranlarının arttığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışma bu yönüyle çalışmamızla benzer bulunmuştur. Bazı araştırmacılar, peynirlerin TFAA değerlerinin depolama boyunca artmasını peptitlerin bakterilerin etkisiyle serbest aminoasitlere parçalanmasına bağlamışlardır (Delgado vd., 2011; Juan vd., 2016). Keçi peyniri üzerine yapılan araştırmalarda çalışmamızla uyumlu TFAA değerleri Tomaszewska-Gras vd. (2019) (7.24 mg lösin/g peynir) ve Say (2022) (8.06 mg lösin/g peynir) tarafından rapor edilmiştir.

Urea-PAGE jel görüntüsünde, depolama süresinin artmasıyla kazein fraksiyonlarının parçalanmaya başladığı, özellikle 90. gün peynirlerinde α_s -kazein parçalanma ürünlerine ait bantların daha belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 1). Depolanan peynirlerde β -kazein degradasyonunun α_s -kazeine kıyasla daha az olduğu görülmekte, keçi peynirinde α_s -kazeinin proteolitik değişimlerinin β -kazeinden daha belirgin olduğu bilinmektedir (Hayaloglu vd., 2013; Miloradovic vd., 2017). Peynirlerde kısıtlı β -kazein degradasyonu, depolama ile artan asitliğin plazmin aktivitesini kısıtlayarak β -kazeinin alt fraksiyonlara parçalanmasının yavaşlamasına bağlanmaktadır (Miloradovic vd., 2017). Jel görüntülerinde depolamanın 60. ve 90. günlerine ait örnekler arasında bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirlerin kazein fraksiyonlarında göreceli olarak daha belirgin parçalanma ürünleri olduğu görülmektedir. 60 ve 90 gün depolanmış peynirlerin urea-PAGE sonuçlarında görülen küçük farklılıklar SÇA oranları ve TFAA değerleri

ile benzerlik göstermekte ancak SÇA ve TFAA sonuçlarına göre aynı sürelerde depolanan peynirlerin proteoliz seviyesine bitkisel veya hayvansal pıhtılaştırıcı kullanımı istatistiksel olarak önemli derecede etki etmemektedir ($P > 0.05$). Peynirlerde proteoliz seviyesinin göstergesi olan

bu analiz bulgularına dayanarak *Cynara cardunculus* L. bitkisel proteazlarının keçi sütünden peynir üretiminde buzağı rennetine benzer proteolitik etkiye sahip olduğu ve üretilen peynirlerde depolama süresince ileri düzeyde proteolize neden olmadığı sonucuna varılabilir.



Şekil 1. Peynirlerin suda çözünmeyen azot fraksiyonlarının Urea-PAGE görüntüsü.

Figure 1. Urea-PAGE electrophoregram of the non-water soluble nitrogen fractions of cheeses.

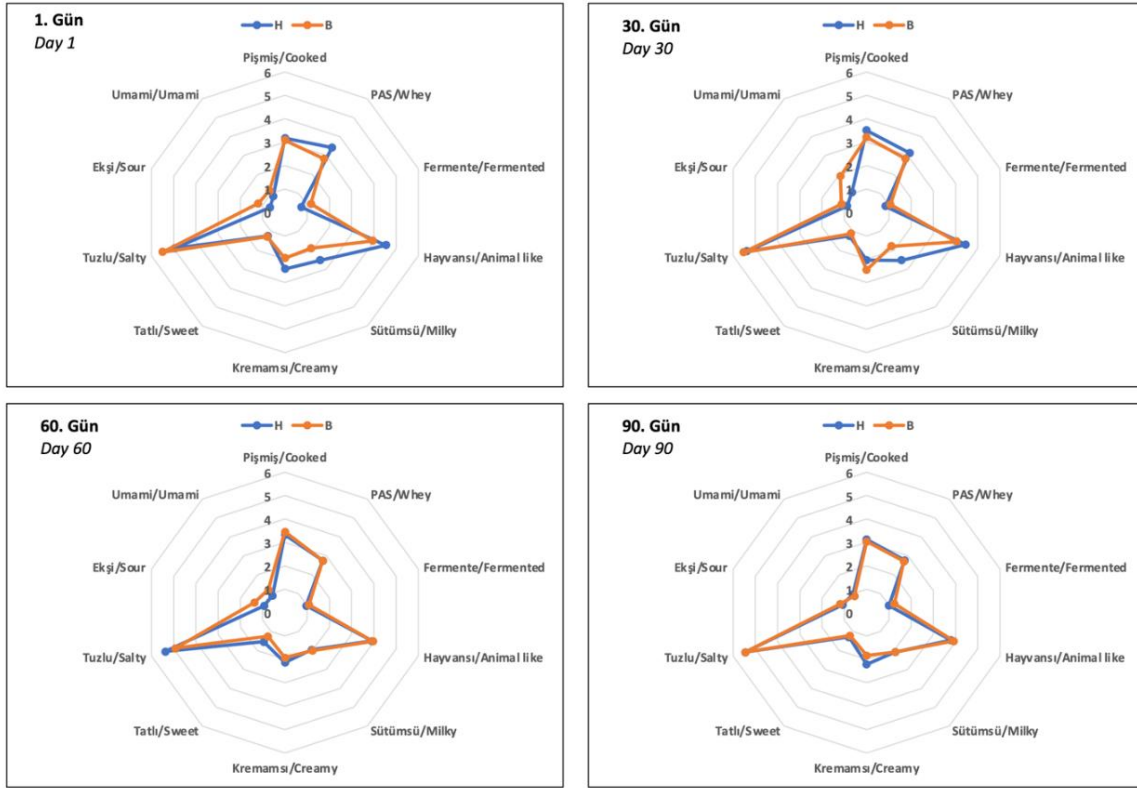
H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, Na-CSN: sodyum kazeinat.

H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease, Na-CSN: sodium caseinate.

Yapılan tanımlayıcı duyu değerlendirmede altı deneyimli panelist tarafından depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde peynirlerde pişmiş, peyniraltı suyu, fermente, hayvansı, sütümsü, kremamsı, tatlı, tuzlu, ekşi ve umami terimleri belirlenmiş olup sonuçlar Şekil 2'de sunulmuştur. Peynirlerin belirlenen aroma terimlerinden pişmiş 3.04-3.50, peyniraltı suyu 2.71-3.42, fermente 0.73-1.25, kremamsı 1.75-2.42, hayvansı 3.79-4.54 ve sütümsü 1.79-2.54 aralığında değerler almıştır (Şekil 2). Bu aromalar üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$).

Yapılan çalışmada peynirlerdeki ransit aroma üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidi ve depolama süresinin ortak etkisi önemli bulunmamış ($P > 0.05$), ancak bu iki faktörün etkileri bu aroma terimi için ayrı ayrı önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$).

Depolama süresinin artmasıyla peynirlerdeki ransit aroma değerleri artmıştır (Çizelge 2). Peynirlerin ransit aroma puanları 10 puanlı skala üzerinde depolamanın 1. gününde 0.96, 90 gün depolanmış peynirlerde ise 1.98 olarak belirlenmiştir. Depolama gününden bağımsız olarak B peynirleri H peynirlerinden daha ransit bulunmuş olup sırasıyla 2.35 ve 0.58 skorlarını almışlardır (Çizelge 2). Yapılan çalışmada elde edilen bulgular Ezine ve Çerkez peynirlerine ait verilerle benzerlik göstermiştir (Karagül Yüceer vd., 2009; Gunecer ve Karagül Yüceer, 2011). Uzkuç vd. (2018) keçi sütüne farklı lipazlar ilave ederek ürettikleri keçi peynirlerinin bazı örneklerinde ransit aroma değerlerinin enzimlerin lipolitik aktivitesinden kaynaklandığını belirtmişler ve çalışmamızdaki değerlerden yüksek bulmuşlardır.



Şekil 2. Peynirlerin tanımlayıcı duyu özellikleri
Figure 2. Descriptive sensory characteristics of cheeses

H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, PAS: peyniraltı suyu.

H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease.

Çizelge 2. Peynirlerin ransit aroma değerleri
Table 2. Rancid aroma values of cheeses

Peynir Cheese	1. Gün Day 1	30. Gün Day 30	60. Gün Day 60	90. Gün Day 90	Grup Ortalaması Group mean
H	0.00±0.00	0.04±0.04	0.90±0.09	1.29±0.18	0.58±0.10 ^b
B	1.92±0.29	2.46±0.35	2.38±0.33	2.67±0.34	2.35±0.16 ^a
Gün Ortalaması Day mean	0.96±0.25 ^b	1.25±0.30 ^{ab}	1.64±0.23 ^{ab}	1.98±0.24 ^a	

Sonuçlar ortalama \pm standart hata olarak sunulmuştur. ^{a-b} Aynı satırda veya sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$). H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri.

Values presented as mean \pm standard error. ^{a-b} Means in the same row or column followed by different letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease.

Duyusal değerlendirme sonuçlarındaki önemli farklılıklar değerlendirildiğinde B peynirlerindeki yüksek ransit aroma düşük kremamsı aroma ile ilişkilendirilebilir ve buna bağlı olarak kremamsı

aromanın ransit aroma tarafından maskelendiği düşünülebilir. Karagül Yüceer vd. (2007) yerel üreticilerden sağladıkları farklı olgunlaşma düzeylerine sahip (3-12 ay) Ezine peynirlerinin

duyusal özelliklerini belirledikleri çalışmalarında 22 farklı Ezine peynirinde kremamsı aroma değerlerini 15 puanlı skala üzerinde 1.36-2.47 aralığında bulmuşlardır. Diğer bir çalışmada kremamsı aromanın keçi peynirinde 15 puanlı skala üzerinde 1.71-4.07 aralığında değerler aldığı bildirilmiştir (Uzkuç vd., 2018). Depolama

boyunca peynirlerde belirlenen bazı temel tatlardan tatlı 1.13-1.54, tuzlu 4.92-5.54, ekşi 0.67-1.38 ve umami 0.85-1.21 aralığında değerler almıştır (Şekil 2). Tatlı, tuzlu, ekşi ve umami tat skorları üzerine pıhtılaştırıcı enzim veya depolamanın etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$).

Çizelge 3. Peynirlerin acı tat değerleri

Table 3. Bitter taste values of cheeses

Peynir Cheese	1. Gün Day 1	30. Gün Day 30	60. Gün Day 60	90. Gün Day 90	Grup Ortalaması Group mean
H	0.00±0.00	0.04±0.00	0.17±0.07	0.17±0.09	0.09±0.03 ^b
B	0.38±0.15	0.71±0.20	0.81±0.20	1.13±0.31	0.76±0.12 ^a
Gün Ortalaması Day mean	0.19±0.08 ^b	0.38±0.12 ^{ab}	0.49±0.13 ^{ab}	0.65±0.19 ^a	

Sonuçlar ortalama \pm standart hata olarak sunulmuştur. ^{a-b} Aynı satırda veya sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$). H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri.

Values presented as mean \pm standard error. ^{a-b} Means in the same row or column followed by different letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease.

Temel tatlar arasında sadece acı tadın peynir üretiminde kullanılan pıhtılaştırıcı enzim çeşidinden önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Hayvansal enzim kullanılarak üretilen peynirlerin ortalama acı tat skoru 0.09 iken bitkisel enzim kullanılarak üretilen peynirlerin ortalama skoru 0.76 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). B peynirlerinde acılığın artması bu peynir grubunda proteolizin daha ileri seviyede olmamasına rağmen bitkisel pıhtılaştırıcıda hayvansal rennetten farklı olarak bulunan acı peptitleri parçalayan peptidazların aktivitesinden kaynaklanabilir. Peynirlerin suda çözünür fraksiyonlarının analizi ile belirlenen SÇA ve TFAA değerleri üzerine pıhtılaştırıcı enzim çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen peynirlerin suda çözünmeyen fraksiyonlarında belirlenen urea-PAGE sonuçlarına göre özellikle depolanmış B peynirinin proteoliz seviyesindeki göreceli yükseklik bu peynirlerin daha acı olması ile ilişkilendirilebilir. Proteoliz sonucu oluşan serbest amino asit ve peptitlerin peynirlerde proteolize bağlı aroma gelişim seviyesinin güvenilir bir göstergesi olduğu (McSweeney ve Sousa, 2000) ve bazı peynir çeşitleri için ransit aromanın karakteristik olduğu göz önünde

bulundurulduğunda peynir çeşidine göre bitkisel enzim kullanımının ransit aroma ve acı tadı belirli bir seviyede artırması olumsuzluk olarak kabul edilmeyebilir. Nitekim Izco vd. (2000) proteaz ilave ederek ürettikleri koyun peynirlerinde proteolitik enzim içeren peynirlerde proteolizdeki artış oranının kontrole göre %20 daha yüksek olduğunu ancak bu yüksek peptidaz aktivitesinin peynirlerin duyusal özelliklerine olumsuz etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmamıza benzer olarak, Tejada vd. (2006) bitkisel pıhtılaştırıcı kullanarak ürettikleri keçi peynirlerinin hayvansal rennet kullanılanlara kıyasla daha acı bulunduğunu ancak bu acı tadın Murcia al Vino peyniri için karakteristik olduğunu belirtmişlerdir. Uzkuç ve Karagül Yüceer (2023), ısıl işlem uygulaması, starter kültür ilavesi ve enzim çeşidinin keçi peyniri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında çiğ keçi sütünden üretilen peynirlerde acı tat belirlenmediğini, 90 °C'de 10 dakika ısıl işlem uygulanan sütlerden üretilen peynirlerde düşük miktarda acı tat bulunduğunu ve belirlenen acılığın ısıl işlem sonucu peynir bünyesinde kalan serum proteinleri-kazein kompleksinden salınan acı peptitlerden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada keçi peyniri üretiminde hayvansal

kaynaklı rennet veya *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanımının peynirlerin acı tat skorlarını etkilemediği, ısı işlem uygulanmış süte starter kültür ilave edilmeden üretilen peynirlerin acılığının daha hissedilir olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Benheddi ve Hellal (2019) keçi sütünü *Cynara cardunculus* kurutulmuş çiçeklerinden elde edilen ekstraktla pıhtılaştırarak ürettikleri geleneksel taze Cezayir peynirlerinin üretiminde farklı mikroorganizma çeşidi kullanımının peynirlerin acı tat skorlarını değiştirdiğini belirtmişlerdir.

Keçi peynirlerinde uçucu bileşenler katı faz mikroekstraksiyon (SPME) GC-MS tekniği kullanılarak depolamanın 1 ve 90. günlerinde belirlenmiştir. Tepe boşluğu yöntemi ile GC-MS analizi sonucunda belirlenen uçucu bileşenler Çizelge 4'te sunulmuştur. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı enzimle üretilen peynir örneklerinde uçucu bileşenlerin büyük bölümünü limonenin oluşturduğu belirlenmiştir. Peynirlerde aldehit olarak nonanal, keton olarak ise nonanon tespit edilmiştir. Asitlerden asetik asit, bütanoik asit, 3-metil bütanoik asit, hekzanoik asit, oktanoik asit ve dekanıoik asit belirlenmiştir. Peynirlerde oktanoik asit miktarının 2.45-42.77 µg/100 g ve dekanıoik asit miktarının ise 1.75-23.77 µg/100 g aralığında olduğu bulunmuştur. Bu asitler özellikle geleneksel keçi peynirinin de önemli aroma maddeleri olarak rapor edilmiştir (Say, 2022). Asitler peynirin temel aroma maddelerinden olup peynirin karakteristik özelliklerinin oluşmasında etkilidir. Serbest yağ asitlerinden olan bütanoik asit peynirimsi ve ransit bir aromaya sahiptir. Hekzanoik asit ise çoğunlukla hafif ekşimsi peynir benzeri bir kokuya sahiptir ve peynirlerde keçi aromasıyla ilişkilendirilmektedir (Jia vd., 2021; Say, 2022). Hekzanoik asit ile birlikte oktanoik asit ve dekanıoik asit peynirde keskin ekşi tadın oluşumundan da sorumludur (Carunchia Whetstone vd., 2003). Asitlerin miktarı genel olarak depolamanın ilerlemesiyle artış göstermektedir. Sütün doğal mikroflorasında bulunan ve klasik pastörizasyonla inhibe edilemeyen mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu bu asitlerin miktarının arttığı, oktanoik asidin hekzanoik ve dekanıoik asitle birlikte

çalışmada üretilen depolanmış keçi peynirlerinin baskın asidi olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Hayaloglu vd. (2013) çalışmamıza benzer olarak hekzanoik ve oktanoik asitleri keçi peynirinin karakteristik asitleri olarak tanımlamışlardır. Farklı çalışmalarda, simbiyotik keçi peynirlerinde artan acı tadın, oktanoik ve dekanıoik asitlerin artan miktarlarından kaynaklandığı (Kınık vd., 2017), uzun zincirli serbest yağ asitlerinin İspanyol keçi peynirinde istenmeyen acı tat oluşmasına neden olduğu (Poveda ve Cabezas, 2006) bildirilmiştir.

Keçi peynirlerinde diğer uçucu bileşen grubu olan esterlerden etil hekzanoat, etil oktanoat, metil dekanıoat, etil dekanıoat ve etil dodekanoat belirlenmiştir. Esterler, yağ asitleri ile alkollerin birleşmesi sonucu oluşan gıda aroması için oldukça önemli bileşenlerdir. Mikroorganizmaların faaliyeti sonucunda meydana gelen bu bileşikler meyvemsi veya çiçeğimsi aromaya sahiptirler (Gatfield, 1988). Peynirlerin ester bileşiklerinin depolama ile arttığı görülmektedir (Çizelge 4). Etil hekzanoat ve etil oktanoat diğer esterlere göre daha yüksek miktarlarda bulunurken, etil dekanıoat ve etil dodekanoat depolamanın 1. gününde her iki peynir grubunda da tespit edilememiştir. Çiğ süttten üretilen keçi peynirlerinde 90 günlük depolama süresince ester bileşiklerinde çalışmamızla benzer şekilde artış belirlenmiştir (Delgado vd., 2011).

Terpen bileşikleri peynirlerde asitlerle birlikte en çok belirlenen uçucu bileşenler olmuştur. Limonen uçucu bileşenler arasında tüm peynir örneklerinde en yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. En yüksek limonen konsantrasyonu 3152.00 µg/100 g olarak bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılan peynirde 90. günde belirlenmiştir. Terpen bileşikleri peynirlerin temel aroma maddelerinden olmayıp genellikle hayvan beslenmesinde kullanılan yem içeriğiyle ilişkilendirilmektedir. Oliszewski vd. (2013) destek kültür kullanılarak ürettikleri Arjantin keçi peynirinde p-ksilen, m-ksilen, limonen ve β-mirsen aromalarını saptadıklarını ancak bu aromaların peynirin karakteristik özelliğine etki etmediğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 4. Peynirlerde depolamanın 1 ve 90. günlerinde belirlenen uçucu bileşenler
Table 4. Volatile compounds of the cheeses at 1 d and 90 d of storage

Uçucu Compound	Bileşen/ Volatile	RI	Peynir/ Cheese			
			H		B	
			1. gün Day 1	90. gün Day 90	1. gün Day 1	90. gün Day 90
Asetik asit/ Acetic acid		<700	0.47±0.01	6.00±0.09	0.40±0.03	14.91±0.11
Bütanoik asit/ Butanoic acid		787	0.53±0.02	6.04±0.07	0.59±0.03	14.16±0.48
3-metil bütanoik asit/ Butanoic acid, 3-methyl		827	-	0.21±0.01	-	-
Sabinen/ Sabinene		976	0.36±0.02	6.34±0.40	0.34±0.01	18.50±0.78
Hekzanoik asit/ Hexanoic acid		979	0.52±0.02	6.67±0.25	0.70±0.01	17.72±2.34
Beta pinen/ Beta pinene		987	1.17±0.14	18.16±1.89	1.43±0.08	52.40±11.70
2,2,4,6,6-pentametilheptan/ 2,2,4,6,6-pentamethylheptane		990	0.05±0.07	-	1.12±0.36	-
Etil hekzanoat/ Hexanoic acid ethyl ester		992	1.28±0.17	8.08±0.21	2.18±0.23	25.55±0.58
Alfa phellandrene/ Alpha phellandrene		1010	0.48±0.02	1.24±0.11	0.56±0.07	4.27±0.20
Beta Simen/ Beta cymene		1026	1.17±0.01	1.37±0.09	1.33±0.56	8.56±0.88
Limonen/ Limonene		1031	64.30±10.80	920.00±43.00	65.81±4.37	3152.00±772.00
Nonanon/ Nonanone		1084	1.09±0.01	31.17±0.54	0.51±0.03	96.90±32.20
Alfa terpinolen/ Alpha terpinolene		1093	1.86±0.28	4.31±0.48	0.52±0.01	11.32±1.08
Nonanal/ Nonanal		1096	0.75±0.02	0.32±0.08	0.93±0.23	1.67±0.39
Oktanoik asit/ Octanoic acid		1156	3.99±3.01	14.68±0.43	2.45±0.21	42.77±2.58
Etil oktanoat/ Octanoic acid, ethyl ester		1184	0.47±0.01	5.18±0.70	0.50±0.05	20.33±1.59
Metil dekanat/ Decanoic acid, methyl ester		1297	0.13±0.10	0.04±0.01	0.22±0.18	0.39±0.04
Dekanoik asit/ Decanoic acid		1344	2.76±2.13	8.36±0.64	1.75±1.02	23.77±2.12
Etil dekanat/ Decanoic acid, ethyl ester		1378	-	3.24±0.32	-	13.07±1.68
Etil dodekanoat/ Dodecanoic acid ethyl ester		1577	-	0.13±0.01	-	0.50±0.02

Sonuçlar ortalama \pm standart hata ($\mu\text{g}/100$ g peynir) olarak sunulmuştur. H: hayvansal rennet kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, B: *Cynara cardunculus* proteazı kullanılarak üretilmiş keçi peyniri, RI: alıkonma indeksi, "-" tespit edilemedi.

Values presented as mean \pm standard error ($\mu\text{g}/100$ g cheese). H: goat cheese produced using animal rennet, B: goat cheese produced using *Cynara cardunculus* protease, RI: retention index, "-" not detected.

Bu çalışmada bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımı ve depolamanın keçi peynirinin özellikleri üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre depolamanın peynirlerin LA, kurumadde, ŞÇA ve TFAA biyokimyasal özellikleri ile ransit ve acı duyuşsal özelliklerini artırdığı belirlenmiştir. *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanımı peynirlerin belirlenen kimyasal özelliklerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilemezken duyuşsal özelliklerden ransit aroma ve acı tadın artmasına, kremamsı aromanın ise azalmasına neden olmuştur. Aşırı seviyede olduğunda tüketici

tercihini olumsuz etkileyebilecek ransit aroma ve acı tadın her iki peynirde de kabul edilebilir seviyede olduğu panelistler tarafından ifade edilmiştir. Limonen tüm peynirlerde en yüksek miktarda bulunan uçucu bileşendir. Hekzanoik, oktanoik ve dekanolik asitler peynirlerin karakteristik asit uçucu bileşenleri olarak belirlenmiş olup bu asitlerin esterleri 90 gün depolanmış peynirlerde taze peynirlerden daha yüksek miktarlarda bulunmuştur. Peynirlerin ŞÇA, TFAA ve urea-PAGE sonuçlarına göre bitkisel pıhtılaştırıcı kullanımının peynirlerde aşırı

proteolize neden olmadığı, genel olarak duysal özellikler ve uçucu bileşenler bakımından benzer sonuçlar elde edildiği buna bağlı olarak keçi peyniri üretiminde pıhtılaştırıcı enzim olarak yabancı enginar (*Cynara cardunculus* L.) proteazının hayvansal rennete alternatif olarak kullanılabilceği ortaya konmuştur. Ülkemizde *Cynara cardunculus* bitkisinden elde edilen enzimin süt endüstrisinde yaygın olarak kullanılması ile hayvansal rennet kullanımından kaynaklanan bazı dezavantajların aşılabileceği düşünülmektedir. Bitkisel kaynaklı bazı sütlerden peynir benzeri ürünlerin üretiminde *Cynara cardunculus* L. proteazı kullanımının araştırılmasıyla vegan diyetler için yeni ürünlerin geliştirilmesi potansiyeli bulunmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bu araştırma makalesiyle ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

YAZARLARIN KATKISI

Bu çalışmanın danışmanlığı ve finansal desteklerin sağlandığı projenin yürütücülüğü Yonca Karagül Yüceer tarafından yapılmıştır. Peynir üretimi ve kimyasal analizleri Hasan Uzkuç, uçucu bileşen analizleri Nesrin Merve Çelebi Uzkuç tarafından gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler ve makale yazımına tüm yazarlar katkı sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: FBD-2020-3175. Tedarik ve üretime destek sağlayan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İmbroz Ltd. Şti. ve Ekozey AŞ. ile duysal değerlendirmede görev alan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü personel ve lisansüstü öğrencilerine teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Abd El-Salam, B.A.E.Y., Ibrahim, O.A.E.H., El-Sayed, H.A.E.R. (2017). Purification and characterization of milk clotting enzyme from artichoke (*Cynara cardunculus* L.) flowers as

coagulant on white soft cheese. *International Journal of Dairy Science*, 12: 254–265. <https://doi.org/10.3923/ijds.2017.254.265>

Andrews, A.T. (1983). Proteinases in normal bovine milk and their action on caseins. *Journal of Dairy Research*, 50: 45–55.

AOAC (2000). Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, USA. <https://doi.org/10.3109/15563657608988149>

Avsar, Y.K., Karagül Yuceer, Y., Drake, M.A., Singh, T.K., Yoon, Y., Cadwallader, K.R. (2004). Characterization of nutty flavor in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87: 1999–2010. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70017-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70017-X)

Blakesley, R.W., Boezi, J.A. (1977). A new staining technique for proteins in polyacrylamide gels using Coomassie Brilliant Blue G250. *Analytical Biochemistry*, 82: 580–581.

Barac, M., Pesic, M., Zilic, S., Smiljanic, M., Stanojevic, S., Vasic, M., Despotovic, S., Vucic, T., Kostic, A. (2016). Protein profiles and total antioxidant capacity of water-soluble and water-insoluble fractions of white brined goat cheese at different stages of ripening. *International Journal of Food Science & Technology*, 51: 1140–1149. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13091>

Barłowska, J., Pastuszka, R., Rysiak, A., Król, J., Brodziak, A., Kędzierska-Matysek, M., Wolanciuk, A., Litwińczuk, Z. (2018). Physicochemical and sensory properties of goat cheeses and their fatty acid profile in relation to the geographic region of production. *International Journal of Dairy Technology*, 71: 699–708. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12506>

Benheddi, W., Hellal, A. (2019). Technological characterization and sensory evaluation of a traditional Algerian fresh cheese clotted with *Cynara cardunculus* L. flowers and lactic acid bacteria. *Journal of Food Science & Technology*, 56(7):3431–3438. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03828-0>

Carunchia Whetstone M.E., Karagül Yuceer, Avsar Y.K. (2003). Identification and Quantification of Character Aroma Components

- in Fresh Chevre-style Goat Cheese. *Journal of Food Science*, 68: 2441-2447.
- Ceballos, L.S., Morales, E.R., de la Torre Adarve, G., Castro, J.D., Martínez, L.P., Sampelayo, M.R.S. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(4), 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>
- Chávez-Garay, D.R.D.R., Gutiérrez-Méndez, N., Valenzuela-Soto, M.E.M.E., García-Triana, A. (2016). Partial characterization of a plant coagulant obtained from the berries of *Solanum elaeagnifolium*. *CYTA-Journal of Food*, 14: 200–205. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1080763>
- Çakmakçı, S., Cantürk, A., Çakır, Y. (2017). Peynir üretimi için sütü pıhtılaştırıcı enzimlere genel bir bakış ve güncel gelişmeler. *Akademik Gıda*, 15: 396–408. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.370264>
- Çayır, M.S., Güzeler, N. (2020). İnek, keçi sütü ve bunların karışımlarından üretilen Hatay köy peynirlerinin bazı kalite özellikleri. *Çukurova üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39(9), 27-34.
- Delgado, F.J., González-Crespo, J., Cava, R., Ramírez, R. (2011). Formation of the aroma of a raw goat milk cheese during maturation analysed by SPME-GC-MS. *Food Chemistry*, 129: 1156–1163. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.096>
- Doi, E., Shibata, D., Matoba, T. (1981). Modified colorimetric ninhydrin methods for peptidase assay. *Analytical Biochemistry*, 118: 173-184.
- Fox, P.F. (1989). Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *Journal of Dairy Science*, 72: 1379–1400. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79246-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79246-8)
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1996). Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International*, 12: 37–41. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129609541091>
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Overview of cheese manufacture. *Fundamentals of cheese science*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_2
- García, V., Rovira, S., Boutoia, K., Ferrandini, E., Lopez Morales, M.B. (2013). Effect of starters and ripening time on the physicochemical, nitrogen fraction and texture profile of goat's cheese coagulated with a vegetable coagulant (*Cynara cardunculus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(3), 552–559. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6292>
- Gatfield, I.L. (1988). Production of flavor and aroma compounds by biotechnology. *Food Technology*, 42(10): 110–122.
- Guneser, O., Karagul Yuceer, Y. (2011). Characterisation of aroma-active compounds, chemical and sensory properties of acid-coagulated cheese: Circassian cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 64: 517–525. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00703.x>
- Hayaloglu, A.A., Tolu, C., Yasar, K., Sahingil, D. (2013). Volatiles and sensory evaluation of goat milk cheese Gokceada as affected by goat breeds (Gokceada and Turkish Saanen) and starter culture systems during ripening. *Journal of Dairy Science* 96: 2765–2780. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6170>
- Izco, J.M., Irigoyen, A., Torre, P., Barcina, Y. (2000). Effect of added enzymes on the free amino acids and sensory characteristics in Ossau-Iraty cheese. *Food Control*, 11: 201–207.
- Jia, R., Zhang, F., Song, Y., Lou, Y., Zhao, A., Liu, Y., Peng, H., Hui, Y., Ren, R., Wang, B. (2021). Physicochemical and textural characteristics and volatile compounds of semihard goat cheese as affected by starter cultures. *Journal of Dairy Science*, 104: 270–280. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18884>
- Juan, B., Zamora, A., Quevedo, J.M., Trujillo, A.J. (2016). Proteolysis of cheese made from goat milk treated by ultra high pressure homogenisation. *LWT-Food Science and Technology*, 69: 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.013>
- Karagul Yuceer, Y., Isleten, M., Uysal-Pala, C. (2007). Sensory characteristics of Ezine cheese.

- Journal of Sensory Studies*, 22: 49–65. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00094.x>
- Karagul Yuceer, Y., Tuncel, B., Guneser, O., Engin, B., Isleten, M., Yasar, K., Mendes, M. (2009). Characterization of aroma-active compounds, sensory properties, and proteolysis in Ezine cheese. *Journal of Dairy Science*, 92:4146–4157. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2124>
- Kınık, Ö., Kesenkaş, H., Ergönül, P.G., Akan, E. (2017). The effect of using pro and prebiotics on the aromatic compounds, textural and sensorial properties of symbiotic goat cheese. *Mljekarstvo*, 67: 71–85. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2017.0108>
- Kuchroo, C., Fox, P. (1982). Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37: 331–335.
- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80: 293–324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>
- Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T. (1999). Overall difference tests: Does a sensory difference. In: *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, p. 416. <https://doi.org/doi:10.1201/9781439832271.ch6>
- Miloradovic, Z., Kljajevic, N., Miocinovic, J., Tomic, N., Smiljanic, J., Macej, O. (2017). High heat treatment of goat cheese milk. The effect on yield, composition, proteolysis, texture and sensory quality of cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 68: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.12.004>
- NEN (1969). Butyrometric determination of fat content of cheese - (Gerber-Van Gulik Method). *Nederlands Melk En Zuiveltijdschrift*, 23: 214–220.
- Oliszewski, R., Wolf, I.V., Bergamini, C. V., Candioti, M., Perotti, M.C. (2013). Influence of autochthonous adjunct cultures on ripening parameters of Argentinean goat's milk cheeses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 2730–2742. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6092>
- Pino, A., Prados, F., Galán, E., McSweeney, P.L.H.H., Fernández-Salguero, J. (2009). Proteolysis during the ripening of goats' milk cheese made with plant coagulant or calf rennet. *Food Research International*, 42:324–330. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.12.009>
- Poveda, J.M., Cabezas, L. (2006). Free fatty acid composition of regionally-produced Spanish goat cheese and relationship with sensory characteristics. *Food Chemistry*, 95: 307–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.045>
- Puglisi, I., Petrone, G., Lo Piero, A.R. (2014). A kiwi juice aqueous solution as coagulant of bovine milk and its potential in Mozzarella cheese manufacture. *Food and Bioprocess Technology*, 92: 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.07.011>
- Say, D. (2022). Physicochemical composition, nitrogen fraction and volatile profiles of goat cheese made with artisanal liquid coagulant. *Journal of Food Science and Technology*, 59 (6): 2469–2478. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05266-3>
- Say, D., Güzeler, N. (2016). Süt pıhtılaştırılmasında kullanılan bazı bitkiler. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Özel Sayı: 253–261. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.78563>
- Serhan, M., Linder, M., Hosri, C., Fanni, J. (2010). Changes in proteolysis and volatile fraction during ripening of Darfiyeh, a Lebanese artisanal raw goat's milk cheese. *Small Ruminant Research*, 90: 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.01.008>
- Shah, M.A., Mir, S.A., Paray, M.A. (2014). Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheesemaking: A review. *Dairy Science and Technology*, 94: 5–16. <https://doi.org/10.1007/s13594-013-0144-3>
- Shalabi, S.I., Fox, P.F. (1987). Electrophoretic analysis of cheese, comparison of methods. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 11: 135–151.
- Sheskin, D. (2004). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*. New York: Chapman and Hall/CRC Press.

- 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, M.J., Ardo, Y., McSweeney, P.L.H. (2001). Advances in the study of proteolysis in cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 11: 327–345.
- Tamer, I.M. (1993). Identification and partial purification of a novel milk clotting enzyme from *Onopordum turcicum*. *Biotechnology Letters*, 15: 427–432. <https://doi.org/10.1007/BF00128289>
- Tejada, L., Abellán, A., Cayuela, J.M., Martínez-Cacha, A., Fernández-Salguero, J. (2008). Proteolysis in goats' milk cheese made with calf rennet and plant coagulant. *International Dairy Journal*, 18: 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.08.010>
- Tejada, L., Abellán, A., Cayuela, J.M., Martínez-Cacha, A. (2006). Sensorial characteristics during ripening of the Murcia al Vino goat's milk cheese: The effect of the type of coagulant used and the size of the cheese. *Journal of Sensory Studies*, 21: 333–347. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2006.00069.x>
- Tomaszewska-Gras, J., Cais-Sokolińska, D., Bierzuńska, P., Kaczyński, Ł.K., Walkowiak, K., Baranowska, H.M. (2019). Behaviour of water in different types of goats' cheese. *International Dairy Journal*, 95: 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.015>
- Uzkuç, H., Güneşer, O., Karagül Yüceer, Y. (2018). Effects of lipase enzyme and adjunct culture on goat cheese ripening. *GIDA / The Journal of Food*, 43: 250–263. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17102>
- Uzkuç, H., Karagül Yüceer, Y. (2023). Effects of heat treatment, plant coagulant, and starter culture on sensory characteristics and volatile compounds of goat cheese. *International Dairy Journal*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105588>
- van Den Dool, H., Dec. Kratz, P. (1963). A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, 11: 463–471. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X)
- Whetstone, M.E.C., Karagül Yüceer, Y., Avsar, Y.K., Drake, M. A. (2003). Identification and Quantification of Character Aroma Components in Fresh Chevre-style Goat Cheese. *Journal of Food Science*, 68(8), 2441–2447. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb07043.x>
- Veríssimo, P., Faro, C., Moir, A.J., Lin, Y., Tang, J., Pires, E. (1996). Purification, characterization and partial amino acid sequencing of two new aspartic proteinases from fresh flowers of *Cynara cardunculus* L. *European Journal of Biochemistry / FEBS*, 235: 762–768. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1996.00762.x>
- Zaravela, A., Kontakos, S., Badeka, A. V., Kontominas, M.G. (2021). Effect of adjunct starter culture on the quality of reduced fat, white, brined goat cheese: part I. Assessment of chemical composition, proteolysis, lipolysis, texture and sensory attributes. *European Food Research and Technology*, 247: 2211–2225. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03780-4>