



## Farklı ticari rennetlerle peynir pıhtıları üretimi sırasında fiziko-kimyasal, tekstürel ve mikroyapısal nitelikler

Physico-chemical, textural and microstructural properties during the cheese curds manufacturing with different commercial rennets

Zehra GÜLER<sup>1</sup> , Dilek TÜRKMEN<sup>1</sup> , Ahmet DURSUN<sup>1</sup> , Mustafa Tuğrul MASATCIOĞLU<sup>1</sup> ,  
Mücahide KÖKSAL KAVRAK<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

### MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

#### Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.830584](https://doi.org/10.37908/mkutbd.830584)

Geliş tarihi /Received:24.11.2020

Kabul tarihi/Accepted:15.01.2021

#### Keywords:

Cheese curd, physicochemical properties, texture, microstructure.

✉ Corresponding author: Zehra GÜLER

✉: [zguler@mku.edu.tr](mailto:zguler@mku.edu.tr)

### Ö Z E T / A B S T R A C T

**Aims:** In this study, it was aimed to determine the physico-chemical, textural and microstructural changes of the cheese curd produced using different commercial rennet.

**Methods and Results:** After the milk was thermized (60 °C for 15s), it was divided into 3 parts after pre-acidification up to a pH of about 6.02. Microbial fermented rennet (M), 100% calf rennet (C1) and recombinant fermented rennet (C2) were added to each portion of milk at 33 °C in proportions calculated according to the rennet strength and coagulation was achieved. Sampling was carried out for analysis from the gels before gel cutting and after milk gelation. After the pressing process was applied to milk gels to remove whey, the cheese curd was cut into molds of 6x6x6 cm<sup>3</sup>. The molds were dipped in hot (60 °C) whey and heat treated for 30 minutes. The internal temperature of the molds, which reached 55 °C with the heat treatment, were sampled for analysis after cooling to 22 °C. As a result, the highest dry matter was detected in C1 curd; however, total organic acid and total carboxylic acids were detected in the lowest amount. Propionic acid and hexanoic acid and hexanal were the highest in M and C2 curds; less voids were observed in the microstructure.

**Conclusions:** While gels produced using different coagulants [microbial rennet (M), calf rennet (C1), and recombinant fermented rennet (C2)] showed similar textural qualities, they differed in the percentages of volatile compounds. Although cheese curds have similar color values; they differed significantly in terms of textural parameters, organic acids, volatile compounds, acidity and pH values, which play an important role in the acceptability of products by consumers. Therefore, it can be stated that the coagulant type plays an important role on curd quality.

**Significance and Impact of the Study:** Texture and microstructure are highly related qualities. The structural organization of the constituents in the curd, independent of the total dry matter contents, can affect the texture. Recombinant fermented rennet can be preferred to other coagulants due to its protective effect and its contribution to taste, because it contains high lactic and propionic acids and the highest volatile carboxylic acid percentage, the highest yield, the lowest pH value and the highest hardness value.

**Atif / Citation:** Güler Z, Türkmen D, Dursun A, Masatcioğlu MT, Köksal Kavrak M (2021) Farklı ticari rennetlerle peynir pıhtıları üretimi sırasında fiziko-kimyasal, tekstürel ve mikroyapısal nitelikler. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 26(2) : 211-227. DOI: 10.37908/mkutbd.830584

## GİRİŞ

Peynir, sütün raf ömrünün uzatılması amacıyla üretilen bir süt ürünü olup; sütün pıhtılaştırılması, pıhtıdan peyniraltı suyunun ayrılması ve pıhtının değişik şekillerde işlenmesi aşamaları sonucu elde edilmektedir. Dünyada üretilen peynirlerin çoğunluğu sütün enzimle (rennet) pıhtılaştırılması ile elde edilmekte ve olgunlaştırılarak tüketilmektedir (Fox ve ark., 2017).

Maya-tip peynirlerde sütün peynire dönüştürülmesinde en önemli aşama, enzimatik pıhtılaşma aşamasıdır. Geleneksel yöntemle peynir üretiminde çoğunlukla süt emme döneminde olan buzağı, oğlak ve kuzuların dördüncü midesinin (abomasum) özütlenmesiyle elde edilen başlıca kimozen (rennin) ve pepsinden oluşan proteolitik enzim karışımı olan rennet kullanılmaktadır (Üçüncü, 2004; Moschopoulou, 2011). Fakat ekonomik ve dini nedenler, ayrıca hayvan sayısının azalması, buzağı rennetinin kullanımını sınırlandırmaktadır. Bunun yanında bazı bitkilerden, mikroorganizmalardan ve domuz, tavşan, deve gibi hayvanlardan ekstrakte edilen proteolitik enzimler de peynir üretiminde kullanılabilir (Tamime, 2007; McSweeney ve ark., 2017; Alihanoglu ve ark., 2018). Ticari tüm pıhtılaştırıcı enzimler (rennetler) K-kazeinin Phe105-Met106 bağı parçalayan aspartik proteazlardır. Mikrobiyal orijinli çoğu ekstrasellüler enzimler de rennete benzer etki göstermektedirler. Özellikle *Rhizomucor miehei* ile üretilen aspartik proteaz kimozen çok fazla benzerlik göstermekte ve mikrobiyal rennet olarak adlandırılmaktadır (Jacob ve ark., 2010). Diğer yandan rekombinant DNA teknolojisi ile abomasumun mukozal tabakasındaki spesifikliği yüksek hücrelerden mRNA'nın izolasyonu ve onun DNA'ya invers kopyalanması ve ardından bir vektöre (plasmid ya da modifiye plasmid) klonlama sonrasında *E. coli*, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces lactis*, *Aspergillus* spp. gibi uygun bir bakteri ya da maya konakçısına eksprese edilmektedir. Bu enzim rekombinant DNA teknolojisi ile üretilen fermente peynir mayası olarak bilinmekte ve çoğunlukla %100 kimozen içermektedir (Mohanty ve ark., 1999). Fermentasyonla üretilen kimozenin ticari buzağı rennetine kıyasla peynir randımanını arttırdığı ve çok az düzeyde de olsa peynir lezzetini geliştirdiği ifade edilmiştir (Jacob ve ark., 2010).

Tüm maya-tip peynirlerde, peynir pıhtısının oluşumuna kadar temel üretim teknolojisi hemen hemen benzerdir. Ancak peynir pıhtısı oluştuktan sonra pıhtının değişik şekillerde işlenmesi ve olgunlaştırma koşullarına bağlı olarak da nihai peynirlerde önemli farklılıklar olmaktadır. Peynir pıhtısının işlenmesi bir sanat olarak

değerlendirilmektedir. Dolayısıyla peynir üretimi ve niteliği beş temel faktörü kapsamaktadır: sütün bileşimi, asit gelişim hızı ve derecesi, nem içeriği, pıhtı işlenmesi ve olgunlaşma koşulları (Walstra ve ark., 2006). Endüstriyel yöntemle peynir üretiminde, asitlik gelişimi, tat ve koku bileşenleri oluşumu için çoğunlukla starter kültür kullanılmasına rağmen, geleneksel yöntemde starter kültür kullanılmadan çiğ süttten ya da termize süttten peynir üretilmektedir. Çoğu yörelerde geleneksel yöntemlerle peynir üretiminde ise pıhtı oluştuktan sonra asitlik gelişimi için kendi halinde ortam koşullarında bekletilmesinin ardından; ince dilimler şeklinde kesilip süzgece alınarak yaklaşık 70 °C'deki suda 2-3 dk karıştırılarak tutulur. Hatay dil peyniri yapımında; sıcak suda yoğurulan teleme, yaklaşık 1 cm kalınlığında ve 4-5x8 cm ölçülerinde kesilip hafif tuzlanmaktadır. Yine benzer şekilde peynir pıhtısı asitlik gelişiminden sonra ufalanmakta ve kaynayan suda yaklaşık 5-6 dk haşlandıktan sonra pıhtı sündürülmektedir. Sonrasında şekil verilebilmektedir. Bu ise 'Hatay sünme peyniri' olarak bilinmektedir. Bu tip peynir bazı yörelerde de 'çekme', 'örgü' ya da 'sıkma' peynirler olarak isimlendirilmektedir. Ancak haşlama işleminden sonra bazı yörelerde direkt olarak tüketilirken bazı yörelerde salamurada olgunlaşma gerçekleştirilmektedir. Haşlama işlemi yapılması durumunda peynir pıhtı asitliği önemli olmaktadır. Haşlama pıhtıda kalan peyniraltı suyunun uzaklaşmasına (sinerez), yağ ve protein kayıplarına, peynir tekstür ve mikroyapısında, kimyasal bileşenlerinde değişimlere neden olan önemli bir üretim aşamasıdır. Çünkü pişirme sıcaklığı ve süresine bağlı olarak pıhtıda tutulan pıhtılaştırıcı enzimin miktarı etkilendiği gibi, hem pıhtılaştırıcı hem de doğal enzimlerin büyük bir bölümünün yapısı da bozulabilmektedir (Fox ve ark., 2017).

Farklı tip pıhtılaştırıcı enzim kullanılarak peynir pıhtısı üretimi sırasında, hem oluşan jelde hem de pıhtıda, fizikokimyasal, biyokimyasal, tekstürel ve mikroyapısal niteliklerin detaylı bir şekilde incelendiği bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışmada, 3 farklı pıhtılaştırıcı enzimin (mikrobiyal rennet, buzağı renneti ve rekombinant fermente rennet) ısıl işlem uygulanmış peynir pıhtısı üretimi sırasında süt jeli ve peynir pıhtısında yarattığı fizikokimyasal, tekstürel ve mikroyapısal etkileri belirlemek amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Çalışmada peynir pıhtısı üretiminde Hatay-Yayladağı bölgesinden yerel bir üreticiden temin edilen inek sütü kullanılmıştır. Denemede ticari isimleri Valiren

(mikrobiyal rennet), Renna (Buzağı renneti) ve Renmax (Rekombinant fermente kimozi) olan pıhtılaştırıcı enzimler Mayasan Gıda San. ve Tic. A.Ş. (Hadımköy/İstanbul)'den sağlamıştır. Pıhtılaştırıcı enzimler;

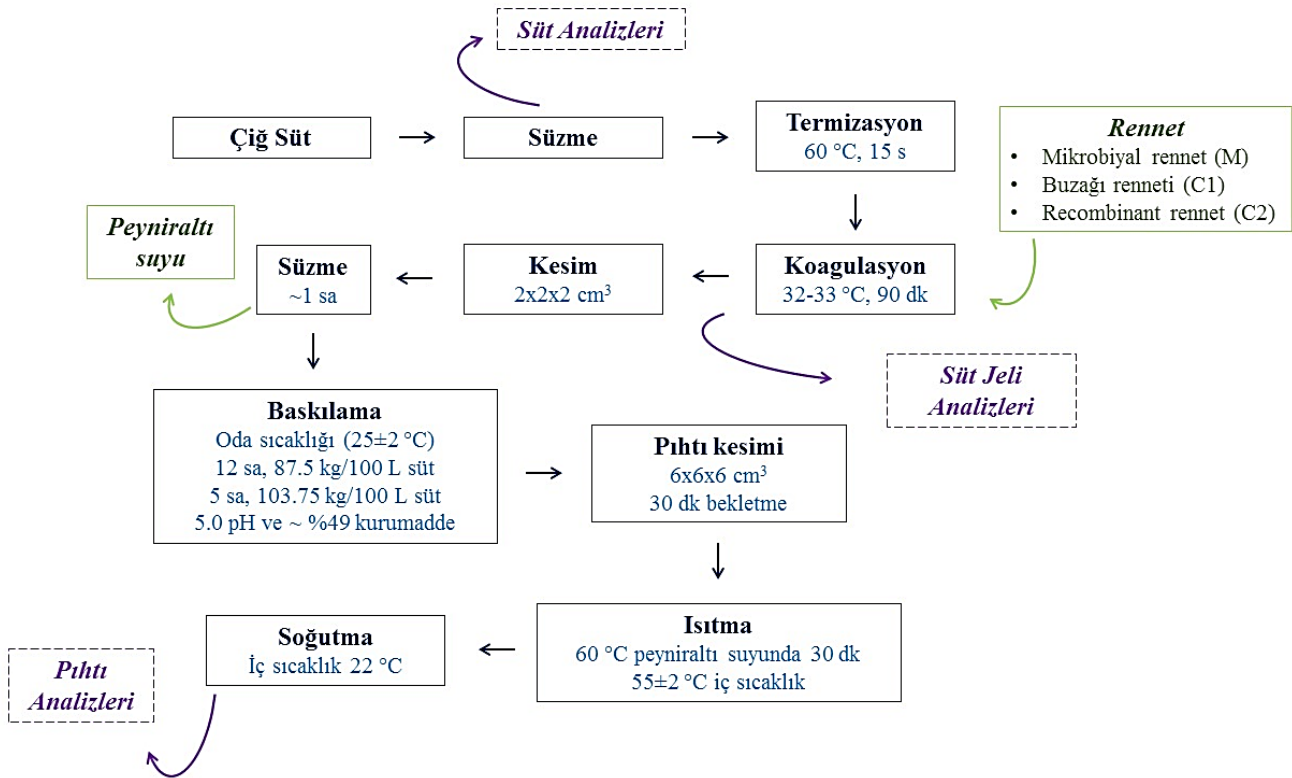
- Mikrobiyal rennet: *Rhizomucor miehei* suşlarının kontrollü fermentasyonu ile üretilmiş mikrobiyal fermente peynir mayası, 1:20000 kuvvette,
- Buzağı renneti: Buzağı midesinden membran kolon filtrasyon prosesi, ve sürekli ekstraksiyon tekniği ile üretilmiş, herhangi bir mikrobiyal koagülant ya da DNA rekombinant kimozi içermeyen, %85 kimozi

(rennin) ve %15 pepsin içeren, %100 buzağı renneti, 1:16000 kuvvette,

- Rekombinant fermente kimozi: *Saccharomyces (Kluyveromyces) lactis* suşlarına aktarılmış rekombinant fermente kimozi, 1:16000 kuvvettedir.

### Peynir pıhtı üretimi

Çalışmada peynir pıhtı üretimi starter kültür kullanılmadan Şekil 1'de verilen üretim akım şemasına göre (Koçak, 2015) gerçekleştirilmiştir. Üretim Şubat-Mart aylarında 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Şekil 1. Peynir pıhtısı üretim akım şeması

Figure 1. Cheese curd-making process

### Kurumadde miktarının belirlenmesi

Süt ve peynir pıhtılarında kurumadde oranları infrared kurutucuda (MB35 Halogen-Ohaus, İsviçre) belirlenmiştir. Sonuçlar gravimetrik yöntemle de doğrulanmıştır (AOAC, 2003) ve % kurumadde miktarları hesaplanmıştır.

### Yağ miktarının belirlenmesi

Yağ; süt, peyniraltı suyu ve pıhtı örneklerinde Gerber metotla belirlenmiştir (TSE, 1995). Bu amaçla sütler ve peyniraltı sularında 1.82 gmL<sup>-1</sup>lik; pıhtılarda ise 1.522 gmL<sup>-1</sup>lik sülfirik asit çözeltisi kullanılmıştır.

### Toplam azot miktarının belirlenmesi

Örneklerin toplam azot miktarı % olarak, Mikro-Kjeldahl metodu (IDF, 1993) kullanılarak yaş yakma ünitesinde (DK8 Heating Digester, VELD Scientifica, İtalya) yakılmasının ardından destilasyon sistemiyle (UDK 139 Semi-Automatic Distillation Unit, VELD Scientifica, İtalya) belirlenen azot miktarının 6.38 faktörüyle çarpılmasıyla toplam protein belirlenmiştir.

### Kül miktarının belirlenmesi

Porselen krozelere süt ve peyniraltı suları için 0.5 g; pıhtı örnekleri için 2 g numune tartılarak önce etüvde (FD53, Binder, Tuttlingen, Almanya) 105 °C'de örneklerin nemi

alınmıştır. Takiben 550 °C' ye ayarlanmış kül fırınında (Protherm, PLF 110/10, Türkiye) sabit tartıma gelinceye kadar yakma işlemi gerçekleştirilerek % kül miktarları hesaplanmıştır.

#### **Titrimetrik asitliğinin belirlenmesi**

Titrimetrik olarak AOAC (1995) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. Süt ve peyniraltı suyundan 10 mL alınmış olup; pıhtıdan 5 g alınarak 20 mL saf su ile homojen hale getirilmiştir. Örneklere 3 damla fenolfitalein indikatörü damlatılarak 0.1 N NaOH ile 30 s kalıcı pembe renk oluşana kadar titrasyon gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar Soxhlet Henkel (°SH) cinsinden hesaplanmıştır.

#### **pH değerinin belirlenmesi**

pH 4 ve pH 7 tampon çözeltileri ile pH-metrenin (Orion, Thermo, Austin, TX, Amerika) kalibrasyonu yapılmıştır. Süt ve peyniraltı suyu örneklerinden 10 mL alınmıştır. Pıhtı örneklerinde de 5 g üzerine 20 mL saf su ilave edilip; iyice ezilerek homojen hale getirilmiştir. Ardından pH değeri dijital pH-metre ile belirlenmiştir.

#### **Uçucu bileşenlerin belirlenmesi**

Uçucu bileşenler, Güler (2014) ve Tekin (2016)'e göre modifiye edilmiş olup; katı faz mikro ekstraksiyon tekniği kullanılarak (KFME) tespit edilmiştir. Süt (10 mL) ve pıhtı (10 g) örnekleri 3 g NaCl içeren headspace viallerine (Agilent, CA, Amerika) alınmış ve vialler PTFE silikon septa (Agilent, CA, Amerika) ile kapatılarak analiz edilene kadar -20 °C'de depolanmıştır. Analiz öncesi -20 °C'den alınan örnekler, bir gece boyunca 4 °C'de çözündürülmüştür. Sütte ve pıhtı örneklerinde uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu 60 °C'de su banyosunda bekletilerek (sırasıyla 30 ve 45 dk); adsorpsiyonu ise aynı sıcaklıkta KFME fiber (DVB/CAR/PDMS, Supelco, Bellefonte PA, Amerika) ile bekletilerek (20 ve 45 dk) gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşenler HP-Innowax kapiler kolon (60 m x 0,25 mm id x 0,25 µm film kalınlığı) (Agilent, CA, Amerika) kullanılarak gaz kromatografisi-kütle spektrometresinde analiz edilmiştir. Kolon fırın sıcaklığı, başlangıçta 50 °C'de 5 dk, 5 °C/dk'lık artışla 100 °C'ye ulaşma ve bu sıcaklıkta 5 dk bekleme, 5 °C/dk'lık artışla 230 °C'ye ulaşma ve bu sıcaklıkta 5 dk bekleme, 5 °C/dk'lık artışla 240 °C'de 5 dakika tutulacak şekilde programlanmıştır. Analiz süresi 58 dk olmuştur. Uçucu bileşenlerin, öncelikle farklı kütle/iyon oranlarından parçalanan her bir bileşenin oluşturduğu spektrumlarının GK/KS'de Nist 0.2 L/Wiley7n.1 veri tabanları ile eşleştirilmeleri sonucu tanımlanmaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra belirlenen toplam uçucu

bileşen alanından her bir bileşenin relatif oranı (%) hesaplanmıştır.

#### **Karbonhidrat ve organik asitlerin belirlenmesi**

Güler (2014)'e göre bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (YPSK; Shimadzu, Kyoto, Japonya) ile iyon değiştirici kolon (Aminex HPX-87 H, 300 x 7.8 mm, BIO-RAD, Hercules, CA, Amerika) kullanılarak; karbonhidratlar refraktif indeks (RID-10A, Shimadzu, Kyoto, Japonya), organik asitler ise ultraviyole-görünür (UV-Vis; SPD-20 AV, Shimadzu, Kyoto, Japonya) dedektörleri ile tespit edilmiştir. Taşıyıcı faz olarak 5 mM'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.6 mLdk<sup>-1</sup> akış hızında kullanılmıştır. Süt örnekleri için; santrifüj tüplerine (Nalgene, Amerika) 5 g süt tartılmış sonra; üzerine ekstraksiyon için 5 mM'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinden 40 mL ilave edilmiştir. Örnek homojenizatör (Ultra-Turrax, T18, IKA, Almanya) ile 12000 rpm, 5 dk olmak üzere homojenize edilerek karanlıkta ve oda sıcaklığında 1 saat beklemeye bırakılmıştır. Bu süre sonunda örnekler 4 °C, 7000 rpm'de 7 dk santrifüj (Universal 32-R, Hettich, Almanya) edilmiştir. Santrifüj sonrası faz ayrımı gerçekleşen örneklerin berrak kısımları Whatman No:1 filtre kağıdından süzümüştür. Süzme işleminin tamamlanmasının ardından berrak süzüntüden şırınga ile alınan örnek 0.45 µm gözenek çaplı PVDF (polivinil diflorid) dolgu malzemeli şırınga ucu filtreden (Millex PVDF Milipore, Billerica, MA, Amerika) süzülerek 2 mL'lik viallere alınmıştır. Örnekler, analiz edilene kadar -20 °C'de depolanmıştır. Pıhtı örneklerinin hazırlama aşamasında sütte yapılan işlemler uygulanmış; ancak başlangıçta havanda ezilmiş 7 g pıhtı üzerine ekstraksiyon için 5 mM'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> taşıyıcı çözeltisinden 30 mL eklenmiştir.

#### **Tekstür profil analizi**

Süt jeli ve pıhtı örneklerinin tekstürel nitelikleri, TA-XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, England) tekstür analizörü kullanılarak Konstance and Holsinger (1992) tarafından verilen metoda göre belirlenmiştir. Analiz edilecek örnekler 2x2x2 cm<sup>3</sup> boyutlarında kesilmiştir. Baskıda P75 kodlu 7.5 cm çapında alüminyum silindirik prob ve 5 kg'lık yük hücresi kullanılmıştır. Ön sıkıştırma ve sıkıştırma hızı 1 mm s<sup>-1</sup> toplam işlem süresi 10 s olarak ayarlanarak sıkıştırma işlemi örneklerin orijinal boyutunun %25'i sıkıştırılacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Tekstür profil analiz tekniğine göre, iki ardışık sıkıştırma uygulanan örneklerin tekstür profil parametreleri (sertlik, elastikiyet, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik, esneklik) belirlenmiştir.

### Renk analizi

Süt, peyniraltı suyu ve pıhtı örneklerinin L (Siyah/Beyaz; 0/100), a (kırmızı/yeşil;+ /-) ve b (sarı/mavi; +/-) değerlerinin ölçümü Hunter renk ölçüm cihazı ile (Colorflex-EZ, HunterLab, Virginia, Amerika) yapılmıştır. Cihaz siyah ve beyaz seramik kalibrasyon levhalarıyla kalibre edilmiş olup; ölçüm haznesi örneklerle kaplanmış ve her bir örnek için ölçüm 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Örneklerin renk doygunluğu (C; Kroma) ve renk açısı (h°) değerleri Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) ile gösterilen formüllere göre hesaplanmıştır (Palou ve ark., 1999).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{Eşitlik (1)}$$

$$h \approx \arctan \left[ \frac{b}{a} \right] \quad \text{Eşitlik (2)}$$

### Mikroyapının belirlenmesi

Brooker ve Wells (1984) metoduna göre hazırlanan peynir jeli ve pıhtı örneklerinin mikroyapısı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gözlemlenmiştir. Örnekler, liyofilizatör (Freeze Dryer, Teknosem, Türkiye) ile kurutulup altın ile kaplanmış (Polaron Thermo VG Scientific SC 7620 Sputter Coater), Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde bulunan taramalı elektron mikroskobunda (SEM, "JSM-5500LV" model; JEOL, Tokyo, Japonya) incelenmiştir.

### İstatistiksel analiz

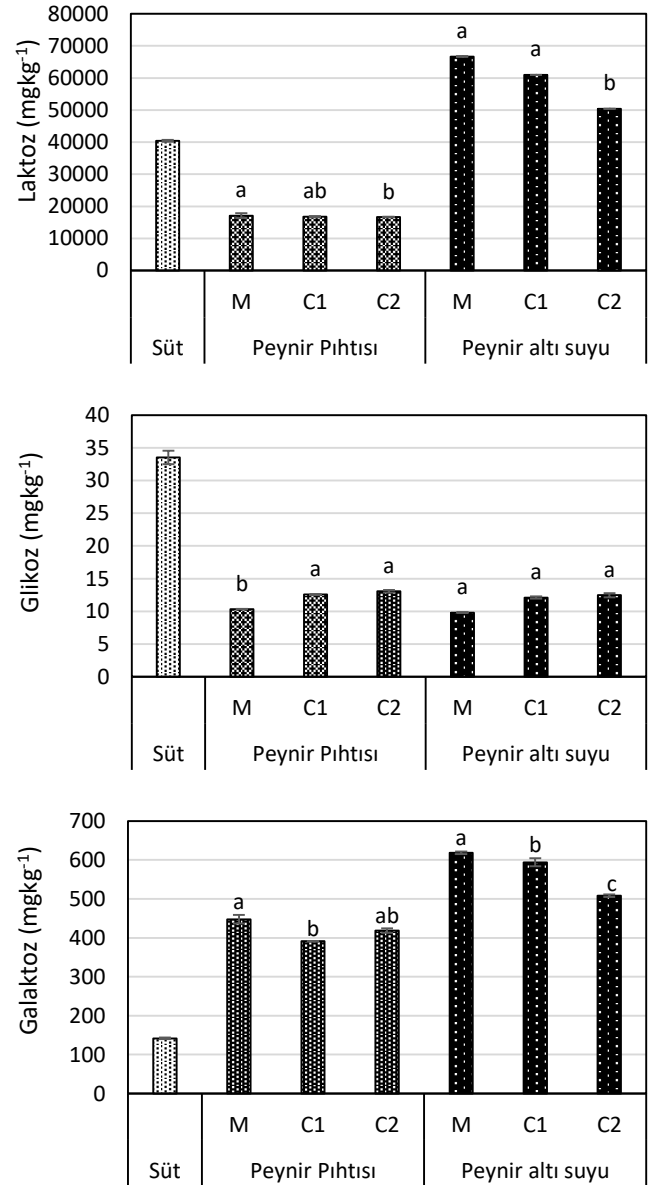
Kullanılan 3 farklı pıhtılaştırıcı enzimlerin süt jeli, peynir pıhtısı ve peyniraltı sularındaki etkisini belirlemek için SPSS programı (IBM SPSS Statistics Version 24) kullanılarak One-way ANOVA uygulanmıştır. Örnekler arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Genel kimyasal bileşim

Peynir pıhtısı üretiminde kullanılan çiğ inek sütü, pıhtı ve peyniraltı suyunun (PAS) kimyasal kompozisyonu Çizelge 1'de verilmiştir. Peynir üretiminde kullanılan sütün yağsız kurumadde içeriği %8.27±0.02 olarak tespit edilmiştir. Yağ, titrasyon asitliği, protein ve yağsız kurumadde bakımından süt, Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği (14 Şubat 2000-Sayı:23964)'nde belirtilen değerlere (en az % 3.5 yağ, % 0.135-0.20 süt asidi cinsinden asitlik, en az % 2.9 protein ve en az % 8 yağsız kurumadde) uygunluk göstermiştir. M, C1 ve C2 pıhtılarının kurumadde içerikleri sırasıyla

%54.11±0.96, %56.67±0.60 ve %54.75±0.46 olup; yağ ve kül hariç diğer kimyasal nitelikler bakımından farklılık (P<0.05) ortaya koymuşlardır. Bu durumun, benzer pH ve kurumadde içeriklerinde pıhtıların baskılanmasına son verilmesine karşın, kullanılan pıhtılaştırıcı enzimlerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek titrasyon asitliği ve en düşük pH değeri C2 pıhtısında gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Çiğ süt, peynir pıhtısı ve peyniraltı sularında laktoz, glikoz ve galaktoz konsantrasyonları. Hata çubukları ortalamalara ait standart sapmayı; <sup>a,b,c</sup> Pıhtılaştırıcı enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\*P<0.05).

Figure 2. Concentrations of lactose, glucose and galactose in raw milk, whey and cheese curd. Error bars represent standard deviation. <sup>a,b,c</sup> indicate the effect of rennets (P<0.05).



Bu sonuç, anılan pıhtının en düşük miktarda laktoz ve peyniraltı suyunun en yüksek kül içeriği ile doğrulanmıştır. Çünkü laktoz fermentasyonu ile asitliğin artması ve artan asitliğin ise kazeine bağlı koloidal kalsiyum fosfatta çözülmelere neden olması peyniraltı suyu (PAS) kül içeriğini artırabilir (Giroux ve ark., 2018). Yüksek titrasyon asitliği ve düşük pH hem üründe koruyucu bir etki yaratmakta hem de lezzet gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu, fermente peynir mayalarının ürün lezzeti üzerine pozitif bir etki yarattığını belirten Jacob ve ark. (2010)'nın bulguları ile uyumludur. Baskılama sonrası arta kalan PAS'lar da pıhtılarda olduğu gibi kül hariç genel kimyasal kompozisyon bakımından farklılık göstermiştir. PAS'ların kurumadde içeriği ve yağ oranı, Blaschek ve ark. (2007)'nin belirlediği değerlerin (%6.89-6.93 kurumadde ve %0.33-0.38 yağ) biraz üzerinde tespit edilmiştir. PAS'lar arasında en düşük laktoz (%4.08) ve pH (4.99); en yüksek titrasyon asitliği (14.68 °SH) C2'de tespit edilmiştir. Gernigon ve ark. (2009) da Çedar, Mozarella, Raklette gibi çeşitli peynirlerin PAS'larında pH değerlerinin 6.35-6.52; kurumadde içeriklerinin %5.89-6.15; laktozun %4.21-4.61 ve galaktozun %0.01-0.12 arasında değişim

gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada peyniraltı sularının galaktoz içerikleri ise 508-619 mgkg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 2). Diğer yandan Giroux ve ark. (2018) da Chy-Max Extra rennet ve kültür ilaveli ya da ilavesiz üretilen jelleri sırasıyla 6.2 ve 4.8 pH'larda baskıladıklarında; elde ettikleri asit ve tatlı PAS'ların kurumadde içeriğini sırasıyla %6.76-%6.64; toplam proteini %0.88-0.87; laktozu %4.72-%5.08; yağı %0.07-0.05; kül %0.70-0.60 ve pH'yı 4.86-6.00 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada, pH değerleri asit PAS'a daha yakın belirlenirken kül hariç diğer niteliklerin PAS'larda biraz daha yüksek tespit edilmesi, peynir üretim yönteminin farklılığından kaynaklanabilir. Üretimde 16 kg sütten elde edilen pıhtılar tartılarak % randıman hesaplanmıştır. Sonuçta M, C1 ve C2 pıhtılarında randımanlar sırasıyla; % 11.84±0.46, % 11.69±0.33 ve % 12.44±0.11 olarak belirlenmiştir. Enzim çeşitliliği randıman üzerine önemli (P>0.05) bir etki yaratmamıştır. Rakamsal olarak yüksek randımanın fermente kimozi ile üretilen C2 pıhtısında gözlemlenmesi Jacob ve ark. (2010)'nın görüşünü desteklemektedir.

#### Çizelge 1. Çiğ süt, pıhtı ve peyniraltı suyunda kimyasal nitelikler

Table 1. Chemical composition of raw milk, curd and whey

Genel Nitelikler	Süt	Pıhtılaştırıcı enzimler	Pıhtı	Peynir altı Suyu
Yağ (%)	4.90±0.05	M	30.25±0.25 <sup>ab</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>
		C1	31.75±0.25 <sup>a</sup>	0.40±0.00 <sup>b</sup>
		C2	30.50±0.50 <sup>ab</sup>	0.40±0.00 <sup>b</sup>
		P	*	***
Kül (%)	0.68±0.04	M	1.49±0.06	0.50±0.03
		C1	1.54±0.03	0.54±0.01
		C2	1.45±0.04	0.55±0.01
		P	Ö.D.	Ö.D.
Titrasyon Asitliği (°SH)	8.65±0.01	M	55.35±0.05 <sup>c</sup>	13.74±0.19 <sup>b</sup>
		C1	56.74±0.30 <sup>b</sup>	12.80±0.00 <sup>c</sup>
		C2	59.47±0.25 <sup>a</sup>	14.68±0.00 <sup>a</sup>
		P	**	**
pH	6.54±0.01	M	5.17±0.00 <sup>a</sup>	5.14±0.01 <sup>b</sup>
		C1	5.17±0.00 <sup>a</sup>	5.16±0.00 <sup>a</sup>
		C2	5.10±0.00 <sup>b</sup>	4.99±0.00 <sup>c</sup>
		P	***	**
Protein (%)	3.63±0.01	M	21.60±0.01 <sup>b</sup>	1.10±0.01 <sup>b</sup>
		C1	23.60±0.01 <sup>a</sup>	1.12±0.01 <sup>b</sup>
		C2	21.58±0.01 <sup>b</sup>	1.23±0.01 <sup>a</sup>
		P	***	**

M: Mikrobiyal fermente peynir mayası, C1: % 100 doğal buzağı şirdeni olan peynir mayası, C2: Rekombinant fermente kimozi peynir mayası. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. <sup>a,b,c</sup> Aynı sütündeki farklı üstel harfler enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001, ÖD: İstatistiksel olarak önemsiz).

### Uçucu bileşenler

Peynir üretiminde kullanılan çiğ sütte, kesim öncesi peynir jelinde ve ısı işlem sonrası peynir pıhtısında tespit edilen uçucu bileşenler Çizelge 2’de gösterilmiştir. Kimyasal gruplarına göre asitler (5), ketonlar (8), alkoller (6), aldehitler (4), hidrokarbonlar (6), esterler (5), lakton (1) ve kloroform (1) olmak üzere toplamda 36 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Süt ve pıhtılaştırıcı çeşitlerini göz önüne almadığımızda jellerde en fazla oranda bulunan uçucu grubu ketonlar iken; peynir pıhtısında onların yerini karboksilik asitler almıştır. Ketonlardan aseton, süt ve jellerde tespit edilen başlıca uçucu bileşen olmuştur. Benzer bir sonuç Natrella ve ark. (2020) tarafından da belirlenmiştir. Aseton, süt ve peynirin normal bir bileşeni olarak değerlendirilmiş ve taze peynir kokusundan sorumlu başlıca bileşen olduğu vurgulanmıştır (Sable ve Cotteceau, 1999). Anılan ketonun laktasyonun başlarında ve enerji eksikliği durumlarında sütteki miktarının yükseldiği de belirtilmiştir (Baticz ve ark.,

2002). Aseton süt jelinde de en fazla oranda tespit edilen keton olmuş; onu C1 ve C2 jellerinde asetoin; M jelinde 2-undekanon ve diasetil izlemiştir. Mugampoza ve ark. (2019) tarafından *Lb. plantarum* suşlarının peynirde asetoin üretiminden başlıca sorumlu bakteri olduğu vurgulanmıştır. Ancak peynir üretim ortamından da kaynaklı *L. lactis* subsp. *lactis*’in bazı suşlarının da sitrattan diasetil ve asetoin ürettiği belirtilmiştir (Mugampoza ve ark., 2019). Asetoin hem  $\alpha$ -asetolaktattan hem de reduktaz enzimi vasıtasıyla diasetilin indirgenmesi ile oluşabilmektedir (McSweeney, 2004). Bu çalışmada diasetil/asetoin oranı M pıhtısında daha fazla belirlenmiştir. Bu sonuç anılan pıhtının en düşük sitrik asit içeriğine sahip olması ile doğrulanmıştır. Çünkü söz konusu bileşenler sitrik asit metabolizması üzerinden üretilmektedir. En yüksek sitrik asit içeriğine sahip C2 pıhtısında ise diasetil/asetoin en az oranda belirlenmiştir.

Çizelge 2. Çiğ süt, süt jeli ve pıhtı uçucu bileşenlerin relatif yüzdeleri (%)

Table 2. Relative percentages (%) of volatile compounds of raw milk, cheese gel and curd

Uçucu Bileşenler (36)	RI	Süt	Süt jeli/Pıhtı	Pıhtılaştırıcı enzimler			P
				M	C1	C2	
<b>Asitler (5)</b>							
<b>Asetik asit</b>	1575	0.12±0.05	Süt jeli	0.24±0.03	0.67±0.08	0.94±0.60	Ö.D.
			Pıhtı	3.28±0.08	3.16±0.57	3.43±0.26	Ö.D.
<b>Bütanoik asit</b>	1821	0.95±0.21	Süt jeli	0.43±0.44	0.53±0.32	0.39±0.15	Ö.D.
			Pıhtı	6.29±0.27 <sup>a</sup>	4.70±0.26 <sup>b</sup>	5.35±0.05 <sup>b</sup>	*
<b>Heksanoik asit</b>	>2000	1.39±0.19	Süt jeli	1.03±0.04 <sup>b</sup>	3.93±0.19 <sup>a</sup>	3.45±0.54 <sup>a</sup>	**
			Pıhtı	22.01±1.21 <sup>a</sup>	15.46±0.47 <sup>c</sup>	16.68±0.34 <sup>b</sup>	*
<b>Oktanoik asit</b>	>2000	2.83±0.66	Süt jeli	5.05±0.77	5.10±3.35	3.97±0.64	Ö.D.
			Pıhtı	10.78±0.81 <sup>b</sup>	13.53±1.24 <sup>b</sup>	21.54±1.43 <sup>a</sup>	**
<b>Dekanoik asit</b>	>2000	TE	Süt jeli	TE	2.48±0.40	1.00±0.12	Ö.D.
			Pıhtı	4.57±0.64	6.94±0.75	7.09±0.71	Ö.D.
<b>Ketonlar (8)</b>							
<b>Aseton</b>	827	67.40±1.81	Süt jeli	43.80±2.74 <sup>bc</sup>	40.11±3.72 <sup>c</sup>	51.43±7.74 <sup>a</sup>	**
			Pıhtı	13.40±1.01	10.78±0.95	10.60±0.58	Ö.D.
<b>2-Butanone</b>	865	0.58±0.13	Süt jeli	TE	TE	TE	
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>2-Pentanon</b>	991	TE	Süt jeli	TE	TE	TE	
			Pıhtı	1.91±0.10 <sup>a</sup>	0.33±0.06 <sup>b</sup>	TE	***
<b>Diasetil</b>	992	2.23±0.08	Süt jeli	0.33±0.34 <sup>b</sup>	1.23±0.01 <sup>a</sup>	1.25±0.08 <sup>a</sup>	*
			Pıhtı	1.83±0.14	1.02±0.68	1.01±0.03	Ö.D.
<b>2-Heptanon</b>	1196	TE	Süt jeli	TE	3.37±0.07 <sup>a</sup>	3.48±0.75 <sup>a</sup>	**
			Pıhtı	1.69±0.06 <sup>a</sup>	0.58±0.08 <sup>b</sup>	0.47±0.22 <sup>b</sup>	**
<b>Asetoin</b>	1322	TE	Süt jeli	0.20±0.07 <sup>c</sup>	6.70±0.54 <sup>a</sup>	5.97±0.65 <sup>b</sup>	***
			Pıhtı	4.65±0.33 <sup>a</sup>	3.25±0.02 <sup>b</sup>	2.42±0.39 <sup>c</sup>	**
<b>2-Nonanon</b>	1476	1.31±0.14	Süt jeli	0.42±0.31	0.27±0.05	0.49±0.11	Ö.D.
			Pıhtı	1.05±0.02 <sup>a</sup>	0.75±0.00 <sup>b</sup>	0.47±0.07 <sup>c</sup>	***
<b>2-Undekanon</b>	1781	0.88±0.52	Süt jeli	TE	TE	TE	
			Pıhtı	TE	TE	TE	

M: Mikrobiyal fermente peynir mayası, C1: % 100 doğal buzağı şirdeni olan peynir mayası, C2: Rekombinant fermente kimozi peynir mayası. TE: Tespit edilemedi. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. <sup>a,b,c</sup> Aynı satırda farklı üstel harfler enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ , \*\*\* $P<0.001$ , ÖD: İstatistiksel olarak önemsiz).

Çizelge 2 (devamı). Çiğ süt, süt jeli ve pıhtı uçucu bileşenlerin relatif yüzdeleri (%)

Table 2 (continued). Relative percentages (%) of volatile compounds of raw milk, cheese gel and curd

Uçucu Bileşenler	RI	Süt	Süt jeli/Pıhtı	Pıhtılaştırıcı enzimler			P
				M	C1	C2	
<b>Alkoller (6)</b>							
<b>2-Pentanol</b>	<800	3.66±0.28	Süt jeli	8.16±0.98 <sup>a</sup>	8.82±0.14 <sup>a</sup>	3.51±0.62 <sup>b</sup>	*
			Pıhtı	2.69±0.68 <sup>b</sup>	7.39±0.17 <sup>a</sup>	TE	**
<b>Etanol</b>	942	0.35±0.00	Süt jeli	5.92±0.32 <sup>a</sup>	4.43±0.57 <sup>b</sup>	3.84±0.05 <sup>b</sup>	*
			Pıhtı	6.14±0.14	4.63±1.09	6.00±0.70	Ö.D.
<b>Izoamil alkol</b>	1218	TE	Süt jeli	3.74±0.15 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>b</sup>	TE	***
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>1-Oktanöl</b>	1722	TE	Süt jeli	TE	0.50±0.03 <sup>ab</sup>	0.99±0.28 <sup>a</sup>	*
			Pıhtı	0.39±0.01 <sup>b</sup>	TE	3.82±0.37 <sup>a</sup>	**
<b>2-Furanmetanol</b>	1867	0.87±0.03	Süt jeli	0.35±0.03 <sup>a</sup>	TE	0.26±0.04 <sup>a</sup>	**
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>Benzen etanol</b>	>2000	3.00±0.06	Süt jeli	TE	TE	TE	
			Pıhtı	0.47±0.04 <sup>b</sup>	0.75±0.64 <sup>b</sup>	2.34±0.03 <sup>a</sup>	*
<b>Aldehitler (4)</b>							
<b>Asetaldehit</b>	<800	3.40±1.15	Süt jeli	11.58±0.06 <sup>a</sup>	8.55±0.07 <sup>b</sup>	8.73±0.62 <sup>b</sup>	*
			Pıhtı	5.76±0.88 <sup>b</sup>	12.24±2.37 <sup>a</sup>	7.40±0.89 <sup>b</sup>	**
<b>3-Metilbütanal</b>	927	0.96±0.09	Süt jeli	0.61±0.06 <sup>b</sup>	1.20±0.16 <sup>a</sup>	1.33±0.12 <sup>a</sup>	*
			Pıhtı	0.34±0.06 <sup>a</sup>	TE	TE	
<b>Heksanal</b>	1096	0.40±0.20	Süt jeli	1.28±0.07 <sup>b</sup>	2.84±0.24 <sup>a</sup>	3.99±0.66 <sup>a</sup>	*
			Pıhtı	5.08±0.67 <sup>a</sup>	2.18±0.21 <sup>b</sup>	1.48±0.20 <sup>b</sup>	**
<b>Pentanal</b>	1103	0.39±0.01	Süt jeli	0.33±0.01	TE	TE	
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>Hidrokarbonlar (6)</b>							
<b>Heksan</b>	<800	0.92±0.17	Süt jeli	0.80±0.11 <sup>b</sup>	3.14±0.65 <sup>a</sup>	2.15±0.01 <sup>a</sup>	*
			Pıhtı	2.78±0.31 <sup>b</sup>	4.67±0.83 <sup>a</sup>	1.33±0.31 <sup>b</sup>	*
<b>1-Heksen</b>	<800	2.40±0.58	Süt jeli	4.98±0.04 <sup>a</sup>	0.38±0.04 <sup>c</sup>	1.21±0.29 <sup>b</sup>	***
			Pıhtı	0.54±0.06 <sup>bc</sup>	2.82±0.14 <sup>a</sup>	0.16±0.76 <sup>c</sup>	***
<b>1-Hepten</b>	<800	1.43±0.07	Süt jeli	4.94±0.02 <sup>a</sup>	3.48±0.43 <sup>b</sup>	TE	***
			Pıhtı	0.51±0.03 <sup>b</sup>	0.36±0.02 <sup>c</sup>	1.56±0.00 <sup>a</sup>	***
<b>1-Nonen</b>	898	0.18±0.06	Süt jeli	TE	TE	TE	
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>1-Desen</b>	1046	0.19±0.02	Süt jeli	0.44±0.02 <sup>b</sup>	1.18±0.48 <sup>a</sup>	0.49±0.11 <sup>b</sup>	*
			Pıhtı	0.42±0.04 <sup>a</sup>	TE	0.23±0.01 <sup>b</sup>	***
<b>N-Benzil-N-etil-p-izopropil benzen</b>	1352	4.11±0.38	Süt jeli	0.30±0.03	TE	TE	
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>Esterler (5)</b>							
<b>Izopropil format</b>	881	1.85±0.09	Süt jeli	0.78±0.17	TE	TE	
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>2-Propenil bütanoat</b>	1094	0.15±0.03	Süt jeli	0.75±0.32	TE	TE	
			Pıhtı	TE	TE	TE	
<b>Etil heksanoat</b>	1248	TE	Süt jeli	1.88±0.96	TE	TE	
			Pıhtı	0.93±0.05 <sup>a</sup>	0.36±0.02 <sup>b</sup>	TE	***
<b>Etil oktanoat</b>	1543	TE	Süt jeli	TE	TE	TE	
			Pıhtı	0.51±0.04	0.73±0.28	1.01±0.55	Ö.D.
<b>Etil dekanat</b>	1829	0.96±0.09	Süt jeli	0.32±0.01	TE	TE	
			Pıhtı	0.74±0.29	0.65±0.07	0.86±0.18	Ö.D.
<b>Diğer (2)</b>							
<b>δ-Dekalakton</b>	>2000	TE	Süt jeli	2.82±0.45 <sup>a</sup>	0.50±0.14 <sup>b</sup>	0.85±0.56 <sup>b</sup>	*
			Pıhtı	0.93±0.08 <sup>b</sup>	2.07±0.37 <sup>a</sup>	1.56±0.21 <sup>ab</sup>	*
<b>Kloroform</b>	1030	TE	Süt jeli	0.25±0.04	TE	TE	
			Pıhtı	0.32±0.10 <sup>a</sup>	0.50±0.04 <sup>a</sup>	TE	**

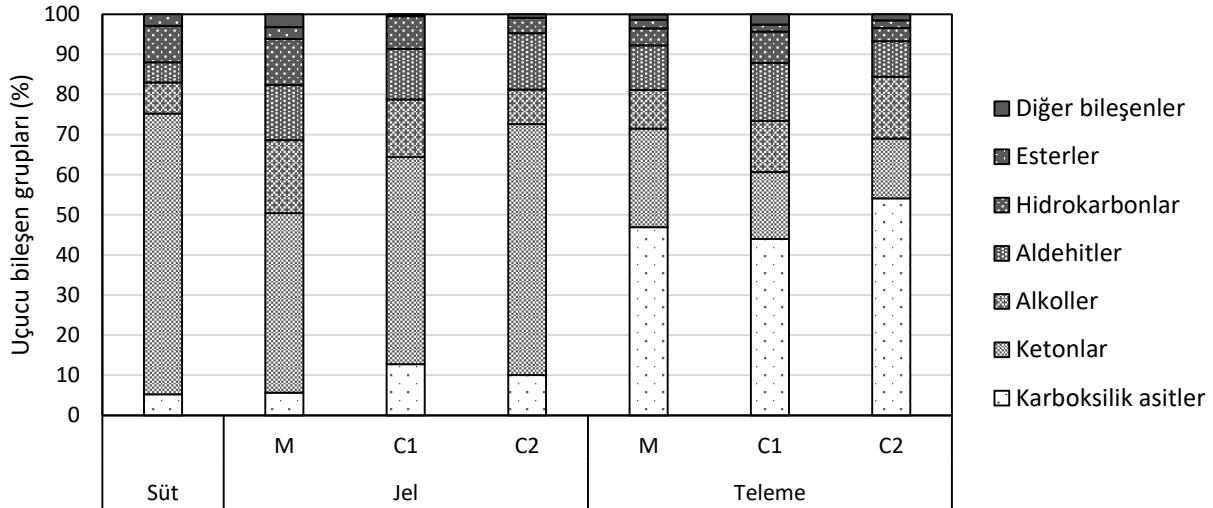
M: Mikrobiyal fermente peynir mayası, C1: % 100 doğal buzağı şirdeni olan peynir mayası, C2: Rekombinant fermente kimozi peynir mayası. TE: Tespit edilemedi. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. <sup>a,b,c</sup> Aynı satırda farklı üstel harfler enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\**P*<0.05, \*\**P*<0.01, \*\*\**P*<0.001, ÖD: İstatistiksel olarak önemsiz).



Sonuçta pıhtılarda da ketonlar arasında aseton ve asetoin oranı yüksek belirlenmiştir. Aseton oranı pıhtılar arasında önemli bir değişim göstermezken, asetoin en yüksek M pıhtısında tespit edilmiş; onu C1 ve C2 pıhtıları izlemiştir (Çizelge 2).

Süt ve jeller uçucu bileşenlerden yüksek keton oranı ile karakterize edilirken, pıhtılarda karboksilik asitler başlıca

uçucu bileşen grubunu oluşturmuştur (Şekil 3). Oktanoik asit (%21.54) C2 pıhtısında başlıca uçucu bileşen iken M ve C1 peynir pıhtılarında heksanoik asit (%15-22) olmuştur. Şekil 3'te belirtildiği üzere, *Saccharomyces (Kluyveromyces) lactis* suşlarına aktarılmış rekombinant fermente kimozin ile üretilen C2 pıhtısı, karboksilik asitleri en fazla oranda içermiştir.



Şekil 3. Çiğ süt, peynir jeli ve pıhtılarda kimyasal gruplarına göre uçucu bileşenlerin relatif yüzdeleri  
Figure 3. Relative percentages of VCs in raw milk, cheese gel and curd according to the chemical groups

Bazı araştırmacılar (Mallatou ve ark., 2003; Güler ve Uraz, 2004; Fox ve ark.,2017), düşük algılanma eşik değerine sahip olan kısa ve orta karbon zincir uzunluklu asitlerin, Beyaz peynir ve benzeri peynirlerde karakteristik lezzetin gelişmesinde önemli rol oynadığını belirtmişlerdir. Soltani ve ark. (2016), mikrobiyal rennet kullanarak ürettikleri İran ultrafiltre Beyaz peynirde olgunlaşmanın 1. gününde uçucu bileşenlerden asetik asit, heksanoik asit ve etanolü en fazla oranda belirlemişlerdir. Hayaloğlu ve Brechany (2007), Malatya peynirinde karboksilik asitlerin en fazla oranda belirlenen uçucu bileşen sınıfı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar çiğ süttten üretilen peynirlerde pastörize süttten üretilenlere kıyasla karboksilik asitlerin önemli düzeyde yüksek olduğunu ve peynir süütünün pastörize edilip-edilmemesinin asit konsantrasyonu üzerine etkisinin, pıhtı haşlama sıcaklığının etkisinden çok daha önemli olduğunu vurgulamışlardır. Aldehitler kimyasal grubundan asetaldehit; sütte (%3.40), süt jellerinde (%8.55-11.58) ve pıhtıda (%5.76-12.24) en fazla tespit edilen aldehit olmuştur (Çizelge 2). Asetaldehit M pıhtısında jelle kıyasla önemli oranda azalmış, C1 pıhtısında artmış ve C2'de belirgin farklılık gözlemlenmemiştir. Aldehitlerden 3-metil-bütanal en fazla oranda jellerde gözlemlenirken; heksanal M pıhtısında en fazla oranda (%5.08), C2 pıhtısında da en az oranda (%1.48) tespit edilmiştir. Heksanal, M pıhtısı hariç

diğerlerinde jelle kıyasla daha az oranda belirlenmiştir. Söz konusu bileşen başlıca oleik asitten oluşan bir lipit oksidasyon ürünüdür ve çayır kokusuna neden olabilmektedir (Molimmard ve Spinnler, 1996). Çayırd otlayan ineklerin sütlerinde, silaj ile beslenenlere kıyasla anılan yağ asiti ve heksanal daha fazla olabilmektedir (Kilcawley ve ark., 2018). Hidrokarbonlardan N-benzil-N-etil-p-izopropil benzen sütte en fazla oranda (%4.11) tespit edilirken; 1-hepten jellerde (%3.48-4.94) ve heksan ise pıhtılarda (%1.33-4.67) fazla oranda belirlenmiştir. Alkollerden 2-pentanol sütte (%3.66) ve jellerde (%3.51-8.88); etanol ise pıhtılarda (%4.63-6.14) en fazla oranda tespit edilen alkol olmuştur. Metil propil karbinol olarak da bilinen 2-pentanol sitoplazmada bir metabolit olarak bulunmakla ve pentandan biyolojik olarak sentezlenmekle birlikte süt ürünlerinde 2-pentanonun indirgenmesi ile oluşan ikincil alkoldür. Heksanoik asitin  $\beta$ -oksidasyonu ve dekarboksilasyonu ile oluşan 2-pentanon, bu çalışmada süt ve jellerde 2-pentanolden daha düşük oranlarda tespit edilmiştir. Özellikle C1 jeli ve pıhtısı yüksek 2-pentanol oranı ile diğerlerinden farklılık göstermiştir. Bu durum pıhtılaştırıcı enzimin üretim prosesinden kaynaklanabilir. Esterlerden izopropil format sütte (%1.85), etil heksanoat jelde (%1.88) tespit edilirken; etil heksanoat, oktanoat ve dekanooat ise pıhtılarda rutin olarak fakat az oranlarda belirlenmişlerdir (Çizelge 2).

**Organik asitler**

Organik asitler, süt ve ürünlerinde tat ve aromaya katkı sağlayan, koruyucu özelliklere sahip olan, yağ, protein ve laktoz orijinli ya da hayvan metabolizması sonucu oluşan bileşenlerdir (Izco ve ark., 2002). Çiğ süt, pıhtı ve

peyniraltı suyunda tespit edilen organik asitler Çizelge 3' te gösterilmiştir. Orotik, sitrik, pürivik, ürik, süksinik, laktik, formik, asetik, propiyonik ve hippürik asit olmak üzere toplamda 10 organik asit belirlenmiştir.

Çizelge 3. Çiğ süt, pıhtı, peyniraltı suyunda organik asitler (mg kg<sup>-1</sup>)Table 3. Organic acids (mg kg<sup>-1</sup>) of raw milk, curd and whey

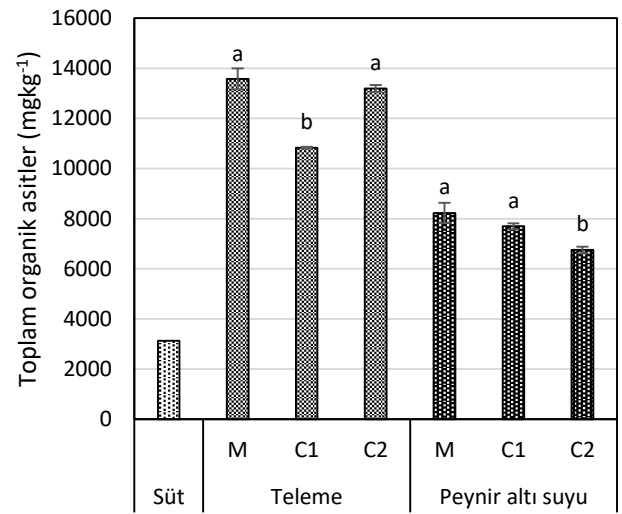
Organik Asitler	Süt	Pıhtılaştırıcı enzimler	Pıhtı	Peyniraltı Suyu
<b>Orotik Asit</b>	39.15±0.27	M	160.35±0.06 <sup>a</sup>	65.70±0.06 <sup>a</sup>
		C1	142.65±0.43 <sup>c</sup>	50.04±0.13 <sup>c</sup>
		C2	146.00±0.08 <sup>b</sup>	59.99±0.01 <sup>b</sup>
		P	*	***
<b>Sitrik Asit</b>	1706.59±6.45	M	552.25±0.54 <sup>c</sup>	2804.84±6.39 <sup>a</sup>
		C1	581.91±1.10 <sup>b</sup>	2707.03±10.32 <sup>b</sup>
		C2	617.01±0.49 <sup>a</sup>	2059.84±12.70 <sup>c</sup>
		P	***	***
<b>Pürivik Asit</b>	64.89±0.11	M	29.17±0.13 <sup>a</sup>	92.34±0.13 <sup>a</sup>
		C1	26.02±0.40 <sup>b</sup>	77.67±0.23 <sup>b</sup>
		C2	24.58±0.03 <sup>c</sup>	73.44±0.10 <sup>c</sup>
		P	***	***
<b>Ürik Asit</b>	14.54±0.24	M	6.56±0.18 <sup>b</sup>	8.01±0.01 <sup>b</sup>
		C1	7.24±0.18 <sup>a</sup>	7.56±0.01 <sup>c</sup>
		C2	5.17±0.15 <sup>c</sup>	8.64±0.13 <sup>a</sup>
		P	**	**
<b>Süksinik Asit</b>	177.25±0.13	M	26.23±0.09 <sup>c</sup>	30.11±0.91 <sup>a</sup>
		C1	31.68±0.02 <sup>b</sup>	20.28±0.37 <sup>b</sup>
		C2	32.87±0.06 <sup>a</sup>	21.72±0.53 <sup>b</sup>
		P	***	***
<b>Laktik Asit</b>	758.37±0.75	M	11574±6.96 <sup>a</sup>	5120±6.44 <sup>a</sup>
		C1	8964±0.70 <sup>c</sup>	4766±7.48 <sup>b</sup>
		C2	11209±5.42 <sup>b</sup>	4330±2.54 <sup>c</sup>
		P	***	***
<b>Formik Asit</b>	255.05±0.06	M	243.22±0.11 <sup>b</sup>	21.80±0.09 <sup>b</sup>
		C1	245.62±0.40 <sup>a</sup>	19.93±0.05 <sup>c</sup>
		C2	245.00±0.15 <sup>a</sup>	131.11±0.07 <sup>a</sup>
		P	Ö.D.	***
<b>Asetik Asit</b>	22.70±0.07	M	199.12±0.40	14.54±0.18 <sup>ab</sup>
		C1	188.32±0.36	13.89±0.28 <sup>b</sup>
		C2	196.39±0.45	15.28±0.38 <sup>a</sup>
		P	***	*
<b>Propiyonik Asit</b>	13.01±0.43	M	645.95±0.87 <sup>a</sup>	9.76±0.85 <sup>bc</sup>
		C1	519.64±0.47 <sup>c</sup>	16.64±0.37 <sup>a</sup>
		C2	586.65±0.20 <sup>b</sup>	10.48±0.09 <sup>b</sup>
		P	***	***
<b>Hippürik Asit</b>	73.35±0.15	M	136.07±0.35 <sup>a</sup>	62.00±0.14 <sup>a</sup>
		C1	123.00±0.14 <sup>c</sup>	16.50±0.07 <sup>c</sup>
		C2	127.65±0.49 <sup>b</sup>	45.45±0.07 <sup>b</sup>
		P	**	***

M: Mikrobiyal fermente peynir mayası, C1: % 100 doğal buzağı şirdeni olan peynir mayası, C2: Rekombinant fermente kimozi peynir mayası. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. <sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı üstel harfler enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001, Ö.D: İstatistiksel olarak önemsiz).

Sitrik asit sütte dominant organik asit olurken; peyniraltı suyu ve pıhtıda laktik asit en yüksek konsantrasyonda belirlenmiştir. Laktik asitin peyniraltı suyunda sitrik asitten daha yüksek belirlenmesi, pH değerlerine (4.99-5.16) de bakıldığında asit peyniraltı suyu niteliği göstermesinden kaynaklanabilir. Sütte belirlenen sitrik asit konsantrasyonları, Walstra ve Jenness (1984), Mullin ve Emmons (1997), Güler (2013) ve Karlsson ve ark. (2017)'nin belirledikleri değerlere (sütte sırasıyla 1750 mg kg<sup>-1</sup>, 1580 mg kg<sup>-1</sup>, 1773 mg kg<sup>-1</sup> ve 2000 mg kg<sup>-1</sup>) yakın tespit edilmesine karşın, peyniraltı sularının sitrik asit içerikleri, Mullin ve Emmons (1997)'un belirlediği değerden (1600 mg kg<sup>-1</sup>) yüksek; Gernigon ve ark. (2009)'nın Mozzarella PAS'ı için belirlediği değere (2327 mg L<sup>-1</sup>) yakın olmuştur. Pıhtıların sitrik asit içerikleri ise süt ve PAS'larına kıyasla belirgin düzeyde az tespit edilmiş; en düşük ve en yüksek sitrik asit içeriklerini sırasıyla M ve C2 pıhtıları göstermiştir. Pıhtıların laktik asit içerikleri ise önemli düzeyde ( $P<0.001$ ) farklılık göstermiş olup; en yüksek laktik asit (11574 mg kg<sup>-1</sup>) M pıhtısında tespit edilirken; en düşük değeri (8964 mg kg<sup>-1</sup>) C1 pıhtısı göstermiştir. Sitrik asit C1 ve C2 pıhtılarında ikinci en fazla oranda tespit edilen organik asit olmuştur. C2 pıhtısı diğer pıhtılara kıyasla önemli düzeyde yüksek sitrik asit içermiştir (Çizelge 3).

Bu pıhtıda fermente enzim kullanıldığından muhtemelen pıhtılaştırıcı enzim kaynaklı da olabilir. Çünkü Karasu-Yalçın ve ark. (2010), mayaların suşlarına bağlı olarak önemli düzeyde sitrik asit üreticisi olabileceğini ifade etmişlerdir. Propiyonik asit ise, M pıhtısında laktik asitten sonra en fazla miktarda belirlenen asit iken diğer pıhtılarda sitrik asitten sonra en fazla belirlenen organik asit olmuştur. Mullin ve Emmons (1997), çeşitli peynirlerde propiyonik asit içeriğini 810-2390 mg kg<sup>-1</sup> arasında tespit etmişlerdir. Süt kaynaklı propiyonik asit bakterileri, propiyonik asit oluşturmak için laktoz, glukoz ve galaktoz gibi şekerleri, laktik asit, sitrik asit ve aspartik asit gibi organik asitleri ve eritritol, gliserol, adonitol gibi alkollerini karbon kaynağı olarak kullanarak propiyonik asit oluşturabilmektedir. Diğer yandan propiyonik asit bakterilerinin yüksek lipolitik aktiviteye sahip oldukları bilinmektedir. Hatta bazı propiyonik asit bakterileri peynirde göz oluşturmaksızın aromaya katkı sağlamak ve düzenlemek için yardımcı kültür olarak da kullanılmaktadır (McSweeney ve ark., 2017). Bazı bakteriler (*L. pentasus*), sitrik asitten süksinik asit ve ondan (*Bacteroides fragilis*) da propiyonik asit üretmektedir. Propiyonik asidin en yüksek olduğu M pıhtısında (Çizelge 3), sitrik ve süksinik asidin en düşük olması mevcut buluşu doğrulamaktadır. Diğer pıhtılarda da propiyonik asidin yüksek olması *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus* spp. gibi laktik asit

bakterilerinin aktivitesiyle de ilişkilendirilebilir. Tüm pıhtılarda ürik, pürivik ve süksinik asitler diğer asitlere kıyasla çok daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Fermente süt ürünlerinde, pürivik asit ara ya da geçiş asitidir. Çünkü laktoz ve sitrik asit kaynaklı çoğu asitler ya da karbonil bileşenleri pürivik asit üzerinden oluşmaktadır. Pürivik asidin en yüksek olduğu M pıhtısında laktik asit de en fazla miktarda belirlenmiştir. Bu sonuç, M pıhtısının en düşük glikoz içeriğine (Şekil 2) sahip olması ile doğrulanmıştır. Sonuçta ise toplam organik içeriği en az C1 pıhtısında en fazla ise M pıhtısında tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Çiğ süt, peynir pıhtısı ve peyniraltı sularında toplam organik asitler. Hata çubukları ortalamalara ait standart sapmayı; <sup>a,b,c</sup> Pıhtılaştırıcı enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\* $P<0.05$ ).

Figure 4. Total organic acid levels in raw milk, curd and whey. Error bars represent standard deviation. <sup>a,b,c</sup> indicate the effect of rennets ( $P<0.05$ ).

#### Tekstürel nitelikler

Başlıca tekstürel parametrelerden biri olan sertlik, ürünün sıkıştırmak için gerekli maksimum kuvvet ya da yapıyı bozmak için gerekli kuvvetin miktarı olarak tanımlanmaktadır. Sertlik, elastikiyet ve iç yapışkanlık ile ters ilişkilidir. Dış yapışkanlık, tekstür analizör probundan peyniri uzaklaştırmak için gerekli kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Elastikiyet, ilk baskı kuvveti uzaklaştırıldıktan sonra orijinal durumu elde etmenin ölçümüdür yani peynirden kuvvet uzaklaştırıldıktan sonra peynirin elastikiyetidir. İç yapışkanlık, peynirin parçalanmadan önceki deformasyonunun ölçümü ya da peynirde iç bağların kuvveti/mukavemetinin ölçümüdür. Sakızimsılık, ilk deformasyon sırasında peynirin orijinal pozisyonuna ulaşma kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Çiğnenebilirlik, yutkunmadan önce üniform bir yapıda

peyniri çiğnemek (ezmek) için gerekli enerjinin ölçümü olarak tanımlanmaktadır (Chevanan ve ark., 2006). Çizelge 4'te jeller ve pıhtılarda tekstürel nitelikler verilmiştir. Tekstürel nitelikler açısından pıhtılaştırıcı enzim çeşidi jeller üzerinde önemli ( $P>0.05$ ) bir etki yaratmamıştır. Oysa pıhtılarda elastikiyet, dış yapışkanlık ve iç yapışkanlık harici diğer niteliklerini önemli ( $P<0.01$ ) düzeyde etkilemiştir. En yüksek sertlik değeri (10.27 N) C2 pıhtısında gözlemlenirken; en düşük değer (4.96 N) C1

pıhtısında elde edilmiştir. Sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri de sertlik değerleriyle uyum içerisindedir. Anılan pıhtı (C2), en düşük pH değerine sahip olması yüksek sertlik değeri ile uyumludur. Çünkü pH'da azalma kazeinlerin su tutma kapasitesini azalttığından sertlik değeri artabilmektedir. Bu durumda da pıhtının sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri artmaktadır (Emam ve Nasser, 2019).

Çizelge 4. Süt jeli ve pıhtıların tekstürel nitelikleri

Table 4. Textural parameters of milk gel and curd

Tekstürel Parametreler	Süt jeli/Peynir pıhtısı	Pıhtılaştırıcı enzimler			P
		M	C1	C2	
Sertlik (N)	Süt jeli	0.66±0.06	0.67±0.08	0.75±0.04	Ö.D.
	Peynir pıhtısı	8.55±0.65 <sup>a</sup>	4.96±0.76 <sup>b</sup>	10.27±1.92 <sup>a</sup>	**
Elastikiyet (mm)	Süt jeli	0.94±0.01	0.92±0.01	0.93±0.01	Ö.D.
	Peynir pıhtısı	0.90±0.03	0.88±0.01	0.89±0.02	Ö.D.
Dış Yapışkanlık (-) (Nmm)	Süt jeli	0.21±0.02	0.23±0.03	0.24±0.05	Ö.D.
	Peynir pıhtısı	0.15±0.04	0.15±0.03	0.10±0.07	Ö.D.
İç Yapışkanlık	Süt jeli	0.84±0.01	0.85±0.01	0.84±0.01	Ö.D.
	Peynir pıhtısı	0.85±0.01	0.83±0.01	0.84±0.01	Ö.D.
Sakızimsılık (N)	Süt jeli	0.56±0.06	0.56±0.08	0.63±0.03	Ö.D.
	Peynir pıhtısı	7.27±0.62 <sup>a</sup>	4.09±0.55 <sup>b</sup>	8.68±1.64 <sup>a</sup>	**
Çiğnenebilirlik (Nmm)	Süt jeli	0.52±0.05	0.52±0.07	0.58±0.02	Ö.D.
	Peynir pıhtısı	5.84±0.11 <sup>a</sup>	3.55±0.43 <sup>b</sup>	7.04±1.00 <sup>a</sup>	**
Esneklik (mm)	Süt jeli	0.44±0.01	0.45±0.01	0.42±0.03	Ö.D.
	Peynir pıhtısı	0.46±0.01 <sup>b</sup>	0.43±0.01 <sup>c</sup>	0.49±0.01 <sup>a</sup>	**

M: Mikrobiyal fermente peynir mayası, C1: % 100 doğal buzağı şirdeni olan peynir mayası, C2: Rekombinant fermente kimozen peynir mayası. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. <sup>a,b,c</sup> Aynı satırda farklı üstel harfler enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ , \*\*\* $P<0.001$ , Ö.D: İstatistiksel olarak önemsiz).

### Renk

Peynirde önemli kalite parametrelerinden biri olan renk; tüketicilerin lezzet algısıyla doğrudan ilişkilidir. Bu anlamda lezzet-renk ilişkisi önemli olmaktadır (Wadhvani ve McMahon, 2012). Çiğ süt, pıhtı ve peyniraltı sularında L aydınlık değerleri, renk doygunluğu (C; Kroma) ve renk açısı ( $h^\circ$ ) değerleri Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Üretimde kullanılan sütün L değeri 86.53 iken pıhtılarda biraz daha yüksek tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle pıhtılar beyaza daha yakın olmuştur. Bu durum pıhtıların fazla miktarda kalsiyum kazeinat ve yağ içermesinden dolayı görünür bölgedeki ışınları daha fazla yansıtmasından kaynaklanabilir. Scarso ve ark. (2017), Holstein-Friesian inek sütünde ortalama L değerini 81.6 olarak tespit etmişler.

Araştırmacılar laktasyonun ilerlemesi ile L değerinin arttığını ve Jersey ineklerinin sütünün diğer ırkların sütüne kıyasla daha yüksek L değeri gösterdiğini belirtmişlerdir.

Pıhtılarda, pıhtılaştırıcı enzim çeşidi, L, C ve  $h^\circ$  değerlerinde önemli ( $P>0.05$ ) bir farklılık oluşturmamıştır. Bu durum, yağ ve kazein dağılımının pıhtılarda benzer olmasından kaynaklanabilir. Peyniraltı sularında sadece C değeri önemli düzeyde ( $P>0.05$ ) etkilenmemiş; en yüksek  $h^\circ$  değeri C1 peyniraltı suyunda tespit edilmiştir. Peynir altı sularında  $180^\circ$  ye yaklaşan  $h^\circ$  değerler ile yeşil renk, süt ve pıhtılara kıyasla daha belirgin olmuştur. Dolayısıyla peyniraltı suyunda ortalama  $136^\circ$  lık bir  $h^\circ$  değeri olduğunu belirtebiliriz. Pıhtılarda ise  $90^\circ$  ye yakın  $h^\circ$  değerlerinden dolayı sarı renk ( $90^\circ$ ) daha ön planda yer almaktadır.

Peyniraltı suları en düşük C değeri göstermiştir. Bu da O'dan (griden) daha saf ve yoğun renge doğru (C=100) yani renk yoğunluğunu ve saflığını belirtmektedir. Bu durumda renk saflığı en yüksek pıhtılarda belirlenirken,

en düşük renk yoğunluğu peyniraltı sularında tespit edilmiştir (Çizelge 5). Diğer bir ifadeyle daha sarı renk doygunluğu pıhtılarda daha yüksek olmuştur.

Çizelge 5. Çiğ süt, pıhtı ve peyniraltı suyunda renk parametreleri

Table 5. Color parameters of raw milk, curd and whey

Renk Parametreleri	Süt	Pıhtılaştırıcı enzimler	Pıhtı	Peyniraltı Suyu
<b>L</b>	86.53±0.18	M	88.23±0.58	52.61±0.21 <sup>a</sup>
		C1	88.23±0.09	49.24±0.00 <sup>c</sup>
		C2	87.97±0.36	50.19±0.07 <sup>b</sup>
		P	Ö.D.	***
<b>C</b>	8.25±0.08	M	14.19±0.80	4.53±0.44
		C1	14.64±0.23	4.36±0.02
		C2	14.31±0.27	4.66±0.06
		P	Ö.D.	Ö.D.
<b>h°</b>	128.23±0.21	M	100.36±0.03	135.33±0.21 <sup>a</sup>
		C1	100.26±0.11	138.54±0.23 <sup>a</sup>
		C2	100.56±0.16	136.86±0.22 <sup>b</sup>
		P	Ö.D.	***

M: Mikrobiyal fermente peynir mayası, C1: % 100 doğal buzağı şirdeni olan peynir mayası, C2: Rekombinant fermente kimozen peynir mayası. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. <sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı üstel harfler enzimler arası farklılıkları göstermektedir (\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001, Ö.D: İstatistiksel olarak önemsiz).

### Mikroyapı

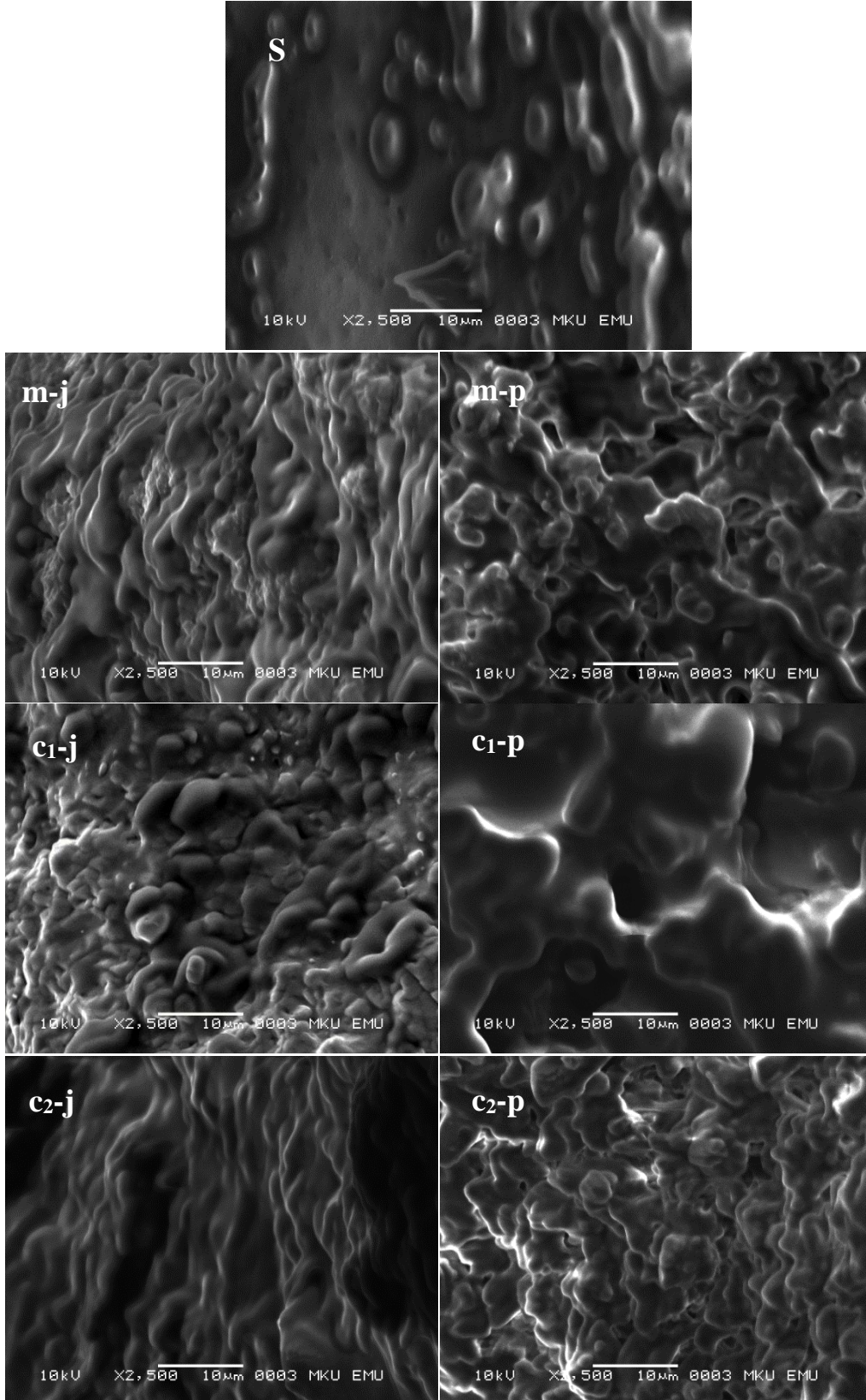
Peynirin mikroyapısı fonksiyonel özellikleri açısından önemli bir etken olarak değerlendirilmektedir. Mikroyapı, üretim aşamasından itibaren sütün özellikleri, süte uygulanan işlemler ve süzme, baskılama gibi işlemlerin tamamından etkilenebilmektedir. Kesim öncesi jel ve ısıtma işlem sonrası pıhtılara ait mikroyapı görüntüleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

Jellerin mikroyapısı incelendiğinde; M ve C2 jellerinin birbirine daha yakın mikroyapılar gösterdiği ancak daha sürekli ve homojen bir mikroyapının C2 jelinden elde edildiği; C1 jelinde ise yağ globüllerinin bölgesel yığılmaları ve diğer jellerde olduğu gibi boylamsal bir süreklilik networkte görülmemiştir. Bu durum pıhtılara da yansımış M ve C2 pıhtıları daha düzlemsel bir yapı gösterirken, C1 pıhtısı yağ globüllerinin de tutunduğu, homojen olmayan ve kısmen de olsa network görüntüsünde olmayan bir mikroyapı sergilemiştir. Bu ise direkt olarak tekstürel parametrelerle ilişkili olmuş ve en düşük sertlik değerini C1 pıhtısı gösterirken; en yüksek değer aynı zamanda da en az boşlukların görüldüğü C2 pıhtısında elde edilmiştir (Şekil 5).

Sonuç olarak, farklı çeşitte pıhtılaştırıcı enzimlerin kullanımı, hem süt jeli hem de pıhtı mikroyapılarını

etkilemiştir. Mikroyapı görüntüleri tekstür profil analiz sonuçları ile uyumlu olmuştur. M ve C2 pıhtıları en yüksek sertlik değerlerine sahip iken; C1 pıhtısı en yüksek kurumaddeyi içermesine karşın sertlik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik nitelikleri diğerlerinden önemli düzeyde düşük tespit edilmiştir. Bu network yapısı ile ilişkilendirilebilir. Bunun yanı sıra en düşük toplam organik asit içeriği ve toplam uçucu karboksilik asit oranı da C1 pıhtısında elde edilmiştir. Mikrobiyal rennetle üretilen M pıhtısı, en yüksek miktarda propiyonik asit, heksanoik asit ve heksanal oranıyla diğer pıhtılardan önemli düzeyde farklılık göstermiştir. Mevcut sonuçların ışığında, %100 buzağı rennetinin kullanıldığı pıhtı (C1), mikrobiyal fermente peynir mayası ve rekombinant fermente peynir mayası ile üretilen pıhtılara kıyasla peynir kalitesinde ve tüketiciler tarafından peynir kabul edilebilirliğinde önemli rol oynayan düşük tekstür değeri ve organik asitler ve uçucu karboksilik asitleri daha az düzeyde içermesinden dolayı daha az tercih edilebilir. Ancak daha sonra yapılacak çalışmalar ile enzim çeşitlerinin olgunlaşma sırasında peynir kalitesinde yarattığı değişimlerin de tespiti önerilmektedir.





Şekil 5. Çiğ süt, peynir jelleri ve pıhtıların SEM görüntüleri (S: Çiğ süt; m-j: M jeli; m-p: M pıhtısı; c<sub>1</sub>-j: C1 jeli; c<sub>1</sub>-p: C1 pıhtısı; c<sub>2</sub>-j: C2 jeli; c<sub>2</sub>-p: C2 pıhtısı)

Figure 5. SEM images of raw milk, cheese gels and curds (S: Raw milk; m-j: M-gel; m-p: M-curd; c<sub>1</sub>-j: C1-gel; c<sub>1</sub>-p: C1-curd; c<sub>2</sub>-j: C2-gel; c<sub>2</sub>-p: C2-curd)

**ÖZET**

**Amaç:** Bu çalışmada, peynir pıhtısı üretimi sırasında farklı ticari rennetlerin fiziko-kimyasal, tekstürel ve mikroyapısal niteliklerde oluşturduğu değişimleri belirlemek amaçlanmıştır.

**Yöntem ve Bulgular:** Süt termize (60 °C 15s) edildikten sonra yaklaşık 6.02 pH'ya kadar ön asitlendirme sonrası 3 eşit kısma ayrılmıştır. Mikrobiyal fermente rennet (M), %100 buzağı renneti (C1) ve rekombinant fermente rennet (C2), maya kuvvetine göre hesaplanan oranlarda her bir kısım süte 33 °C'de ilave edilerek pıhtılaşması sağlanmıştır. Süt jelinden kesim öncesi analizler için örnek alındıktan sonra; peyniraltı suyunu uzaklaştırmak için uygulanan baskılama işleminden sonra peynir pıhtısı 6x6x6 cm<sup>3</sup> boyutlarında kalıplara kesilmiştir. Kalıplar, sıcak (60 °C) peyniraltı suyuna daldırılmış ve 30 dk süreyle ısı işlem uygulanmış ve kalıpların merkez sıcaklığı 55 °C'ye ulaşmıştır. Isıl işlem sonrası 22 °C'ye soğutulan peynir kalıplarından analizler için örneklemeler yapılmıştır. Sonuç olarak, C1 pıhtısında en yüksek kuru madde tespit edilirken; toplam organik asit ve toplam karboksilik asitler en düşük miktarda tespit edilmiştir. M ve C2 pıhtılarında ise propiyonik asit ve heksanoik asit ile heksanal en yüksek tespit edilmiş; mikroyapıda daha az boşluklu yapı gözlemlenmiştir.

**Genel Yorum:** Farklı pıhtılaştırıcılar [mikrobiyal rennet (M), buzağı renneti (C1), ve rekombinant fermente rennet (C2)] kullanılarak üretilen jeller benzer tekstürel nitelikler göstermesine karşın uçucu bileşenlerin oranları bakımından farklılık ortaya koymuşlardır. Peynir pıhtıları ise benzer renk değerlerine sahip olmasına rağmen; tüketiciler tarafından ürünlerin kabul edilebilirliğinde önemli rol oynayan tekstürel parametreler, organik asitler, uçucu bileşenler, asitlik ve pH değerleri açısından önemli farklılık göstermişlerdir. Dolayısıyla pıhtılaştırıcı çeşidinin pıhtı kalitesine üzerine önemli bir rol oynadığı ifade edilebilir.

**Çalışmanın Önemi ve Etkisi:** Tekstür ve mikroyapı birbiri ile oldukça ilişkili niteliklerdir. Toplam kurumadde içeriklerinden bağımsız olarak pıhtıdaki bileşenlerin yapısal organizasyonu, tekstürü etkileyebilmektedir. Hem koruyucu etkisinden hem de lezzete katkısından dolayı yüksek laktik ve propiyonik asit içermesi, en yüksek randıman, en yüksek uçucu karboksilik asit oranı, en düşük pH değeri ve en yüksek sertlik değeri sergileyen pıhtıya neden olduğundan rekombinant fermente peynir mayası diğer mayalara kıyasla tercih edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Peynir pıhtısı, fizikokimyasal nitelikler, tekstür, mikroyapı.

**TEŞEKKÜR**

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje Numarası: HMKU BAP-18A003).

**ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI**

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

**ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI**

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

**KAYNAKLAR**

- Alihanoglu S, Ektiren D, Çakır ÇA, Vardin H, Karaaslan A, Karaaslan M (2018) Effect of *Oryctolagus cuniculus* (rabbit) rennet on the texture, rheology, and sensory properties of white cheese. *Food Sci. Nutr.* 6: 1100-1108.
- AOAC (1995) Official Methods of Analysis. Vol. II., 16th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- AOAC (2003) Official Methods of Analysis. AOAC International, Washington, DC.
- Baticz O, Tömösközi S, Vida L, Gaal T (2002) Relationship between concentration of citrate and ketone bodies in cow's milk. *Acta Vet. Hung.* 50(3): 253-261.
- Blaschek KM, Wendorff WL, Rankin SA (2007) Survey of salty and sweet whey composition from various cheese plants in Wisconsin. *J. Dairy Sci.* 90(4): 2029-2034.
- Brooker BE, Wells K (1984) Preparation of dairy products for scanning electron microscopy: etching of epoxy resin-embedded material. *J. Dairy Res.* 51: 605-613.
- Chevanan N, Muthukumarappan K, Upreti P, Metzger LE (2006) Effect of calcium and phosphorous, residual lactose and salt to moisture ration on textural properties of Cheddar cheese during ripening. *J. Texture Stud.* 37: 711-730.
- Emam AO, Nasser SA (2019) Effect of salting technique on shreddability, texture profile and microstructure of the pre-acidified Cow's Mozzarella Cheese. *Adv. Dairy Res.* 7(3): 230.
- Fox PF, Guinee TP, Cogan TM, McSweeney PLH (2017) Fundamentals of Cheese Science. Springer New York.
- Gernigon G, Piot M, Beaucher E, Jeantet R, Schuck P (2009) Physicochemical characterization of Mozzarella cheese wheys and stretchwaters in comparison with several other sweet wheys. *J. Dairy Sci.* 92(11): 5371-5377.

- Giroux HJ, Veillette N, Britten M (2018) Use of denatured whey protein in the production of artisanal cheeses from cow, goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 161: 34-42.
- Güler Z, Uraz T (2004) Relationships between proteolytic and lipolytic composition and sensory properties (taste-smell) of traditional Turkish White cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 57(4): 237-242.
- Güler Z (2013) Organic acid and carbohydrate changes in carrot and wheat bran fortified set-type yoghurts at the end of refrigerated storage. *J. Food Nutr. Sci.* 1(1): 1-6.
- Güler Z (2014) Profiles of organic acid and volatile compounds in acid-type cheeses containing herbs and spices (Surk cheese). *Int. J. Food Prop.* 17: 1379-1392.
- Hayaloğlu AA, Brechany EY (2007) Influence of milk pasteurization and scalding temperature on the volatile compounds of Malatya, a farmhouse Halloumi-type cheese. *Dairy Sci. Technol.* 87(1): 39-57.
- IDF (1993) Milk determination of nitrogen content. Standard no. 20B. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- Izco JM, Tormo M, Jiménez-Flores R (2002) Rapid simultaneous determination of organic acids, free amino acids, and lactose in cheese by capillary electrophoresis. *J. Dairy Sci.* 85: 2122-2129.
- Jacob M, Jaros D, Rohm H (2010) The effect of coagulant type on yield and sensory properties of semihard cheese from laboratory-, pilot- and commercial-scale productions. *Int. J. Dairy Technol.* 63(3): 370-380.
- Karasu-Yalçın S, Bozdemir MT, Özbaş ZY (2010) Effects of different fermentation conditions on growth and citric acid production kinetics of two *Yarrowia lipolytica* Strains. *Chem. Biochem. Eng.* 24(3): 347-360.
- Karlsson MA, Langton M, Innings F, Wikström M, Lundh AS (2017) Short communication: Variation in the composition and properties of Swedish raw milk for ultra-high-temperature processing. *J. Dairy Sci.* 100: 2582-2590.
- Kilcawley KN, Faulkner H, Clarke HJ, O'Sullivan MG, Kerry JP (2018) Review: Factors influencing the flavour of bovine milk and cheese from grass based versus non-grass based milk production systems. *Foods.* 7(3): 1-43.
- Koçak C (2015) Peynir teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No: 1625, Ankara. 180s.
- Konstance RP, Holsinger VH (1992) Development of rheological test methods for cheeses. *Food Technol.* 46(1): 105-109.
- Mallatou H, Pappa E, Massouras T (2003) Changes in free fatty acids during ripening of Pihti cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk. *Int. Dairy J.* 13: 211-219.
- McSweeney PLH (2004) Biochemistry of cheese ripening. *Int. J. Dairy Technol.* 57: 127-144.
- McSweeney PLH, Fox PF, Cotter PD, Everett DW (2017) Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 4th ed., Academic Press Inc., 1: 6, UK.
- Mohanty AK, Mukhopadhyay UK, Grover S, Batish VK (1999) Bovine chymosin: Production by rDNA technology and application in cheesemanufacture. *Biotechnol. Adv.* 17: 205-210.
- Molimard P, Spinnler HE (1996) Compound Involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *J. Dairy Sci.* 79: 169-184.
- Moschopoulou E (2011) Characteristics of rennet and other enzymes from small ruminants used in cheese production. *Small Rumin. Res.* 101: 188-195.
- Mugampoza D, Gkatzionis K, Linforth RST, Dodd CER (2019) Acid production, growth kinetics and aroma profiles of *Lactobacillus* flora from Stilton cheese. *Food Chem.* 287: 222-231.
- Mullin WJ, Emmons DB (1997) Determination of organic acids and sugars in cheese, milk and whey by high performance liquid chromatography. *Food Res. Int.* 30(2): 147-151.
- Natrella G, Faccia M, Lorenzo JM, De Palo P, Gambacorta G (2020) Short communication: Sensory characteristics and volatile organic compound profile of high-moisture mozzarella made by traditional and direct acidification technology. *J. Dairy Sci.* 103(3): 2089-2097.
- Palou L, Usall J, Aguilar MJ, Pons J, Vin Á as I (1999) Control de la podredumbre verde de los cõÁtricos mediante banos con agua caliente y carbonatos sodicos. *Levante Agricola.* 3: 412-421.
- Sable S, Cottenceau G (1999) Current knowledge of soft cheeses flavor and related compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4825-4836.
- Scarso S, McParland S, Visentin G, Berry DP, McDermott A, De Marchi M (2017) Genetic and nongenetic factors associated with milk color in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100(9): 7345-7361.
- Soltani M, Sahingil D, Gökce Y, Hayaloğlu AA (2016) Changes in volatile composition and sensory properties of Iranian ultrafiltered white cheese as affected by blends of *Rhizomucor miehei* protease or camel chymosin. *J. Dairy Sci.* 99: 1-11.
- Tamime AY (2007) Structure of Dairy Products. Blackwell Publishing, UK. pp 169-209.

Tekin A (2016) Keçi Derisi ve Bidonda Olgunlaştırılan Koyun (Karaman) Tulum Peynirlerinde Biyokimyasal ve Duyusal Nitelikler. Yüksek Lisans Tezi, HMKÜ Fen Bil. Ens., Gıda Mühendisliği ABD, 127 s.

TSE (1995) TS 591 Standard Of White Pickled Cheese. Turkish Standard Institute, Ankara, Turkey.

Üçüncü M (2004) A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi 1. Meta Basım, İzmir. 542s.

Wadhvani R, McMahon DJ (2012) Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. J. Dairy Sci. 95: 2336-2346.

Walstra P, Jenness R (1984) Dairy chemistry and physics. Wiley, New York.

Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ (2006) Dairy Science and Technology. 2nd Ed. Taylor and Francis Group, Boca Raton-London.