

## FARKLI PASTÖRİZASYON KOŞULLARININ BEYAZ PEYNİRİN REOLOJİK, TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Oğuz Aydemir<sup>1</sup>, Abdullah Kurt<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çankırı, Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Akşehir Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 08.09.2020; Kabul / Accepted: 19.10.2020; Online baskı / Published online: 30.10.2020

Aydemir, O., Kurt, A. (2020). Farklı pastörizasyon koşullarının beyaz peynirin reolojik, tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkisi. GIDA (2020) 45 (6): 1083-1096 doi: 10.15237/gida.GD20101

*Aydemir, O., Kurt, A. (2020). The effect of different pasteurization conditions on the rheological, textural and sensory properties of white cheese. GIDA (2020) 45 (6): 1083-1096 doi: 10.15237/gida.GD20101*

### ÖZ

Bu çalışmada, farklı koşullarda pastörize edilen süttten (A: 65 °C'de 20 dak, B: 75 °C'de 5 dak ve C:85 °C'de 5 dak.) üretilen Beyaz peynirlerin dinamik reolojik, tekstür, renk ve duyuşal özellikleri 7., 30., 60. ve 90. günlerde araştırılmıştır. C ve B peynirlerinin, A'dan daha yüksek elastik özellikleri, sıcaklığa bağlı kazeinin molekül içi ve moleküller arası etkileşimlerinin gelişmesine ve bu yapıdaki denatüre peynir altı suyu yüzdesinin artmasına bağlanmıştır. Depolama sırasında viskoelastik özelliği ve kompleks viskozite parametresi en fazla A peynirinin değişirken, B peynirinin daha kararlı olduğu belirlenmiştir. Tekstür analizindeki sertlik ve dış yapışkanlık sonuçları da B peynirinin daha dirençli protein yapısına sahip olduğunu göstermiştir. Farklı pastörizasyon sıcaklıklarının, renk parametreleri üzerine bir etkisi bulunmamıştır. B peynirinin Yapı-Tekstür özelliği ilk aylarda daha yüksek puan alırken, son ayda örnekler arası fark görülmemiştir. Sonuç olarak, 75 °C'de pastörize edilen süttten, viskoelastik özelliği gelişmiş bir Beyaz peynir üretilebilmektedir fakat artan sıcaklık bu karakteri azaltmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Beyaz peynir, pastörizasyon sıcaklığı, reoloji, tekstür

## THE EFFECT OF DIFFERENT PASTEURIZATION CONDITIONS ON THE RHEOLOGICAL, TEXTURAL AND SENSORY PROPERTIES OF WHITE CHEESE

### ABSTRACT

In this study, dynamic rheological, textural, color and sensory properties of White cheeses produced from pasteurized milk at different conditions (A: 65 °C for 20 min, B: 75 °C for 5 min, and C: 85°C for 5 min) were investigated at 7, 30, 60, and 90 days of storage. The higher elastic behaviors of the cheeses C and B than A were associated with improved inter- and intramolecular interactions of casein related to the temperature and an increase in the ratio of denatured whey protein in this structure. Cheese A changed as the highest extent in viscoelastic property and complex viscosity parameter while cheese B was determined as more stable during storage. The results of hardness and adhesiveness in texture analysis confirmed that cheese B had a more resistant protein structure. The effect of different pasteurization temperatures on the color parameters was not found. The Structure-

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ abduallah.kurt@selcuk.edu.tr

☎ (+90) 332 814 0134 / 2010

☎ (+90) 332 814 0133

Oğuz Aydemir; ORCID no: 0000-0003-0538-2311

Abdullah Kurt; ORCID no: 0000-0003-1452-3278

Texture as a sensory property of cheese B in the first months received higher scores while no differences among the samples in the last month were observed. As a result, White cheese with improved viscoelastic property could be produced from the milk pasteurized at 75 °C but increased temperature reduced this feature.

**Keywords:** White cheese, pasteurization temperature, rheology, texture

## GİRİŞ

Süt, mikrobiyolojik açıdan güvenli hale getirilmesi için 72 °C'de 15-35 s pastörize edilmektedir. 72 °C'nin üzerindeki pastörizasyon işlemi, pıhtı oluşumunu ve sineresizi olumsuz etkilediğinden genellikle peynir üretim uygulamalarında tercih edilmez (Rynne vd., 2004). 70 °C üzerindeki ısı işlem uygulamaları,  $\beta$ -laktoglobulin ve  $\alpha$ -laktalbumin gibi önemli serum proteinlerinin denatürasyonuna ve bunların  $\kappa$ -kazein ile kimyasal etkileşimine neden olmakta ve artan sıcaklık ile gelişen bu durum peynir üretiminde rennetin, kazein substratı üzerindeki etkinliğini düşürebilmektedir. Kessler, (1996)'e göre 82-95 °C'de 80-360 s ısı işlem koşulları, sütteki serum proteinlerinin denatürasyon oranını %90'ın üzerine çıkarmaktadır. Ayrıca artan ısı işlem sıcaklığı kalsiyum, magnezyum ve fosfat iyonlarının çözünür halden koloidal forma geçmesine neden olmaktadır (Fox vd., 2015; Singh ve Waungana, 2001). Bununla birlikte serum proteinlerinin etkili bir şekilde geri kazanımını sağlaması ile peynir verimini artırma potansiyeli nedeniyle yüksek pastörizasyon sıcaklığının etkisi de çalışılmaktadır. Peynir serum proteinlerinin dâhil olması, besin değeri artışını, peynir veriminin yükselmesini ve özellikle düşük yağlı peynirlerde duysal yönden gelişimi sağlamaktadır. Aynı zamanda peynir altı suyunun değerlendirilmiş olması ekonomik açıdan önem katmaktadır. Serum proteinlerinin pıhtıya dâhil olmasından fayda sağlamak için peynir üretim koşulları, yüksek kalitede bir peynir üretmek için peynire işlenecek sütün bileşimi ve ürünün gereksinimlerine uygun uyarlamaları gerektirmektedir. Proses açısından, peynirin viskoelastik özelliklerine etkisi en yüksek olan parametre pastörizasyon sıcaklığıdır (Frau vd., 2014). Yüksek pastörizasyon sıcaklığı yaklaşımı, tekstürel açıdan olumsuz bir ürün yerine yüksek miktarda değerli serum proteini içeren ve kremli ya da yumuşak yapıda yenilikçi peynir ürünleri ortaya çıkarma fırsatı sunması açısından da

üzerinde çalışılması gereken bir konudur (Benfeldt vd., 1997). Rynne vd., (2004), sütün pastörizasyon sıcaklığındaki artışın, Cheddar peynirindeki denatüre olmuş serum proteini ve nem miktarlarında artışa ancak yağ miktarlarında ise azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, pastörizasyon sıcaklığının yükselmesine paralel olarak peynir sertliğinde ve kırılma geriliminde olan azalmalar, kuşkusuz az-yagli peynirlerin tekstürel ve reolojik özelliklerinin düzeltilmesinde faydalı olacağı belirtilmiştir.

Peynirlerin üretim sonundaki ve depolama sırasındaki reolojik ve tekstürel değişimleri peynir kalitesi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Olgunlaşma sırasında reolojik ve tekstürel açıdan peynirin yapısında meydana gelen değişiklikler protein bağlarının kırılıp yeniden bağlanması temelinde dinamik bir şekilde gelişmektedir. Bu etki hem taşıma ve depolama stabilitesi açısından hem de tüketici tercihi bakımından üretici firmaların göz önünde bulundurması gereken elzem kriterlerdendir. Bu nedenle objektif reolojik ve tekstürel araştırmalar, tüketicilerin farklı beklentilerinin bilimsel temeller ışığında standardize edilerek ölçülüp değerlendirilmesini sağlaması açısından son derece önemli analizlerdir. Özellikle peynirlerin mikroyapı ile reolojik özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi farklı reolojik özellikte peynir üretim beklentilerine cevap vermeyi tesadüflere bırakmayacaktır (Ak ve Lokumcu-Altay, 2011).

Yurtdışında bazı peynir tipleri için verim, bileşim, tekstürel özellikler ve proteoliz üzerine pastörizasyon sıcaklığının etkisi konusunda çalışmalar yapılmakla birlikte ülkemize özgü peynirlerden en önemlisi olan Beyaz peynirde böyle bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca günümüzde marketlerde gördüğümüz "lokum kıvamında" peynir olarak üretilen yenilikçi Beyaz peynirler bu şekilde üretilmektedir. Bu tip Beyaz

peynirle ilgili bilimsel bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Üretim yöntemine bağlı olarak firmadan firmaya farklı tekstürel özelliklere sahip Beyaz peynirler elde edilmektedir. Bu konuda etkin bir standardımız yoktur. Üretici firmalar kendine uygun yöntemlerle üretimini gerçekleştirmekte ve sonuçta birbirinden çok farklı duyuşal özelliklere sahip Beyaz peynirler piyasada yer almaktadır. Gelişmiş ülkeler, peynirlerine ait bu tür standardizasyonlarını hâlihazırda gerçekleştirmişlerdir. Bu konuda ülkemizde bir boşluk söz konusudur. Bu çalışma çift cidarlı pastörizatörde süte uygulanan farklı sıcaklık ve süre koşullarının, Beyaz peynirin dinamik reolojik, tekstür, renk ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Peynir üretimi

Peynir üretimleri Atatürk Orman Çiftliği Süt İşletmesi'nde (Ankara, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Her bir üretim için 500 L inek sütü kullanılmıştır. Sütün pastörizasyonu çift cidarlı pastörizatörde 3 farklı sıcaklık ve sürede yapılmıştır: 65 °C'de 20 dak, 75 °C'de 5 dak ve 85 °C'de 5 dak. Bu sütlerden üretilen peynirler sırasıyla A, B ve C olarak kodlanmıştır. Pastörizasyonun ardından 35 °C'ye soğutulan süte %1 oranında starter kültür [*Lactococcus lactis subsp. lactis*, *L. lactis subsp. cremoris*, ve *Streptococcus thermophilus* (Benofer BP-1, Benosen, Türkiye)] ilavesi yapılmıştır. 30 dk inkübasyon sonrası sütler %0.02 oranında CaCl<sub>2</sub> (Solvay, İtalya) eklenmiştir. Aktivitesi belirlenmiş buzağı renneti (Naturen Mandra 175, Chr. Hansen, Türkiye) ile 34 °C'de 90 dak'da pıhtı kesim olgunluğuna gelecek şekilde mayalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Pıhtı kırılıp, peynir altı suyu ayrıldıktan sonra cendere bezinde baskıya alınan pıhtı daha sonra porsiyonlanmıştır (8x8x8 cm<sup>3</sup>). Salamuraya (11.5 °Bome) alınan peynir kalıpları 20 °C'de 3,5 saat salamurada kalmıştır. Daha sonra kapama pH'sına (4.8) ulaşan peynirler ambalaj kutularına doldurulmuş ve salamura eklenerek (9 °Bome) kapatılmıştır. 90 gün boyunca peynirler 5±1'de depolanmıştır. Üretim 2 tekrür ile yapılmıştır.

### Dinamik reolojik analiz

Bu çalışmada reolojik analizler HAAKE Marrs III (Thermo Scientific, Almanya) reometre cihazı ile (Kahyaoglu ve Kaya, 2003) yöntemine göre yapılmıştır. Ölçümler konik plakalı (35 mm çap, ve 2° açı) geometri ile yapılmıştır. Peynir örnekleri, çapları 35 mm ve kalınlıkları 1 mm olacak şekilde disk şeklinde kesilmiş, analize kadar su kaybını engellemek için streç film ile sarılarak oda sıcaklığında 1 saat süresince bekletilerek ölçüm öncesi dengelenmesi sağlanmıştır. Sıcaklık kontrollü peltier sistem aracılığıyla viskoelastik analizler 20 °C'de yapılmıştır. Frekans tarama testi lineer viskoelastik aralıkta yapılmıştır. 10 Pa gerilimde 0.1-100 Hz aralığı taranarak elastik ( $G'$ ) ve viskoz ( $G''$ ) bileşenlerin değerleri belirlenmiştir. Bu bileşenler ve kompleks viskozite ( $\eta^*$ ) değişkenlerinin, açısal hızın ( $\omega$ , rad/s) fonksiyonu olarak üssel model parametreleri aşağıdaki denklere göre belirlenmiştir.

$$G' = K'\omega^n \quad (1)$$

$$G'' = K''\omega^n \quad (2)$$

$$\eta^* = K^*\omega^{n-1} \quad (3)$$

### Tekstür analizi

Tekstür profil analizi (TPA), silindir şeklinde (30±5 mm çap ve 20±5 mm yükseklik) kesilen peynirlere, Tekstür Analiz cihazı (TA-XT32, Stable Micro System, Godalming, İngiltere) kullanılarak oda sıcaklığında yapılmıştır. SMS P/36 silindirik prob kullanılarak, test öncesi, sırası ve sonrası hızları 1 mm/s ile %25 deformasyona izin verecek şartlarda analiz yapılmıştır. İki ardışık sıkıştırma ile elde edilen, kuvvet zaman grafiğindeki veriler, cihazın yazılımı aracılığıyla sertlik (hardness; g), dış yapışkanlık (adhesiveness; gs), elastikiyet (springiness; mm), iç yapışkanlık (cohesiveness), sakızimsılık (gumminess; g) ve çiğnenebilirlik (chewiness; gmm) parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

### Renk analizi

Peynir örneklerinin  $L^*$  (açıklık-koyuluk, 100:beyaz, 0:siyah),  $a^*$  (+:kırmızı (+100), -:yeşil (-80), 0:grı),  $b^*$  (+:sarı (+70), -:mavi (-80), 0:grı) ve bu parametrelerden türetilen beyazlık indeksi

( $WI$ ), Kroma ( $C^*$ ) ve Hue ( $h^\circ$ ) değerlerinin belirlenmesi için renk ölçer (CR-400, Konica Minolta, Japonya) cihazı kullanılmıştır. İkincil parametrelerin hesaplanmasında aşağıdaki denklikler kullanılmıştır (Sant'Anna vd., 2013).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (4)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

$$h^\circ = 180 + \arctan(b^*/a^*)[(-a^*, +b^*)] \quad (6)$$

### Duyusal analiz

Peynirlerinin duysusal değerlendirmesi (7., 30., 60. ve 90. günlerde), Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim elemanlarından oluşan 10 kişilik kısmi eğitilmiş panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi panelist grup değerlendirme ve kusurlar hakkında bilgilendirilmiştir. Tat-Aroma 10, Yapı-Tekstür 5, Görünüş-Renk ise 5 puan üzerinden değerlendirmek amacıyla puan kartları hazırlanmıştır. Örnekler 3 haneli rastgele rakamlarla kodlanarak yine panelistlere rastgele sırada sunulmuştur. Duyusal analiz sırasında peynirlerin sıcaklığının 10-15 °C'ler arasında olması sağlanıp, örnekler arasında panelistler ağız tadını elma ve/veya üzüm ve su ile dengelemişlerdir.

### İstatistiksel analiz

Analizlerin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) SPSS paket programı (SPSS 16.0) ile hesaplanmıştır. Çoklu karşılaştırma Tukey testi ile yapılmıştır ( $P < 0.05$ ).

## SONUÇ VE TARTIŞMA

### Dinamik reolojik analiz

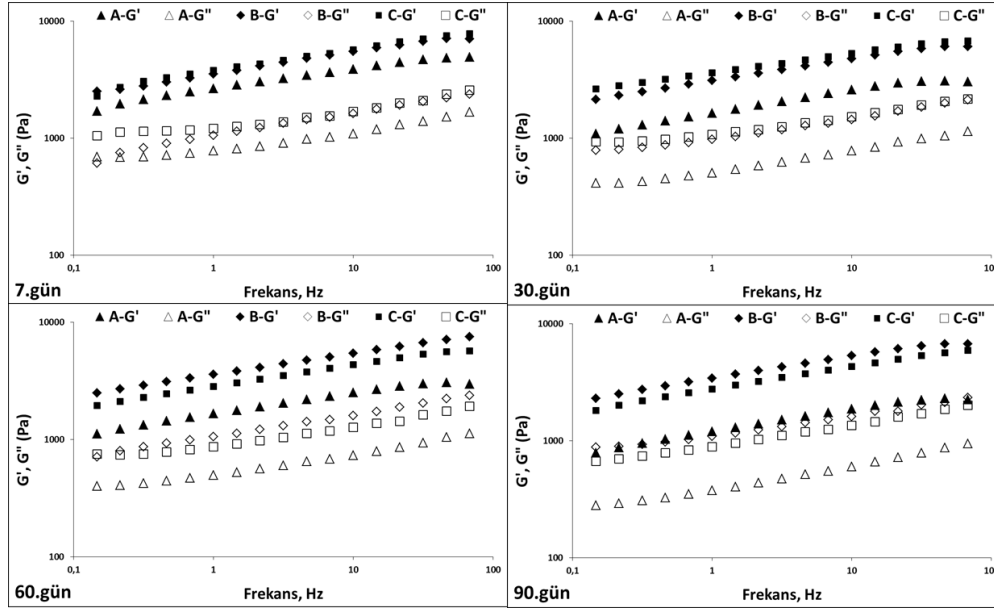
Süte uygulanan farklı sıcaklık normlarının, beyaz peynirinin viskoelastik özelliklerine etkisini ve bu özelliğin depolama süresince değişimini belirlemek için frekans tarama testleri lineer viskoelastik alanda yapılmıştır. Dinamik reolojik analizler, örneği tahrip etmeden, gerilimin harmonik olarak uygulanması yoluyla viskoelastik özelliklerin belirlenmesinde yaygın olarak tercih edilen bir analiz yöntemidir (Park vd., 2007).  $G'$  değeri diğer bir ifadeyle depolama modülü,

uygulanan gerilime bağlı olarak, örneğin yapısında depolanan ve daha sonra serbest bırakılan enerjiyi gösterirken,  $G''$  değişkeni ise analiz edilen örneğin viskoz yanıtı olup uygulanan gerilime bağlı kaybolan enerjidir ve kayıp modül olarak da adlandırılmaktadır (Gunasekaran ve Ak, 2000). Peynir örneklerinin, elastik ( $G'$ ) ve viskoz ( $G''$ ) bileşenlerinin frekansa bağlı değişimleri Şekil 1'de sunulmuştur.  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin frekansa bağlı değişim göstermesi, peynirlerin viskoelastik karakterde olduğunu ve frekans taraması boyunca,  $G' > G''$  olması ise peynirlerde elastik özelliğin hakim olduğunu göstermektedir (Drake vd., 1999).  $\tan \delta$  değerinin 1'den küçük olması peynirlerin viskoelastik özelliklerinin bir diğer kanıtıdır. Taze peynirlerde  $G' > G''$  olması durumu peynirin, yüksek protein ve kül (özellikle kalsiyum) miktarı ile düşük yağ miktarına sahip olması ile ilişkilendirilmektedir (Joshi vd., 2004). Proteinlerin ısı etkisiyle denatürasyonu ile gelişen kimyasal etkileşim sonucu oluşan ve içerisinde suyu bağlama özelliğine sahip protein bazlı elastik ağ yapı, peynirin elastik karakterinden sorumludur (Rubel vd., 2019). Frekansa bağlı modüllerdeki değişim, materyal olarak değerlendirildiğinde peynirin zayıf jel grubunda olduğunu göstermektedir. Beyaz peynir, proses edilen peynirler ve polimer kaynaklı jeller de genel olarak bu grupta yer almaktadır (Jooyandeh vd., 2017; Kahyaoglu ve Kaya, 2003).  $G'$  değerinin frekansa bağlı olarak artış göstermesi, kazein partiküllerinin molekül içi ve moleküller arası etkileşimler ile birleşerek yüzey alanının artması sonucu yeni proteinlerin bu yapıya eklenmesinin teşvik edilmesi ile açıklanmaktadır (Florenca, 2013). Viskoelastik parametrelerin frekansa bağlı değişim göstermesi aynı zamanda yapıdaki kimyasal etkileşimde (hidrofilik, hidrofobik, elektrostatik etkileşimler ve kovalent bağ gibi) kovalent ve disülfid bağlarının diğer etkileşimlerden daha baskın olmadığını da göstermektedir (Spotti vd., 2014). Dolayısıyla, bu çalışmadaki peynirlerin zayıf mikroyapıda olduğu ve yumuşak peynirler sınıfında olduğu söylenilebilir (Van Hekken vd., 2012).

Peynirin viskoelastik özellikleri yapıdaki kazein miktarından ve kazein matriksi içerisinde yer alan kimyasal bağlardan etkilenmektedir (Guo vd.,

2011). Süte uygulanan sıcaklık derecesinin kazenin yapısını etkilediği ve depolama süresince de proteolize bağlı kazeindeki kimyasal etkileşimin farklılaştığı görülmektedir (Şekil 1).  $G'$  ve  $G''$  değerleri 7. günün sonunda 5-7 kPa seviyelerinde

iken depolama ile birlikte 0.5-1 kPa düzeyine düşüşü daha önceki peynir çalışmaları ile uyumludur (Kahyaoglu ve Kaya, 2003; Ramírez-López ve Vélez-Ruiz, 2018; Van Hekken vd., 2012).



Şekil 1. Beyaz peynirlerin frekans tarama testlerinin depolama süresince değişimi

Figure 1. Frequency sweep tests variation of White cheeses during storage

C ve B peynirlerinin ilk hafta sonunda elastik ( $G'$ ) özelliklerinin birbirine benzer olduğu, A peynirinin ise elastik özelliğinin daha düşük olduğu bulunmuştur. C ve B peynirlerinin yüksek elastik özelliği, kazeinin molekül içi ve moleküller arası etkileşimlerinin yüksek pastörizasyon sıcaklığı ile değişmesi sonucu kazein partiküllerinin birleşme yoğunluğundaki artış ile açıklanabilir (Fox vd., 2004). Ayrıca, süte uygulanan yüksek pastörizasyon sıcaklığının son ürünün yapısal sıkılık (firmness) özelliğini arttırması; denatüre peynir altı suyu proteinlerinin miktarının sıcaklık ile artarak bunların kazein misellerine bağlanma yüzdesini geliştirmesi sonucu hem peynirdeki protein miktarının artması hem de peynirin elastik özelliğinin gelişmesi yani deformasyona karşı direncinin artması ile açıklanabilir (Guinee vd., 1993). Başlıca kimyasal etkileşimler disülfid ve hidrofobik etkileşimler ile  $\beta$ -laktoglobulin ve  $\kappa$ -kazein arasında olmaktadır. Ancak peynir altı suyu protein çeşitlerinin ısıya duyarlılıklarına göre [immunoglobulinler >bovin

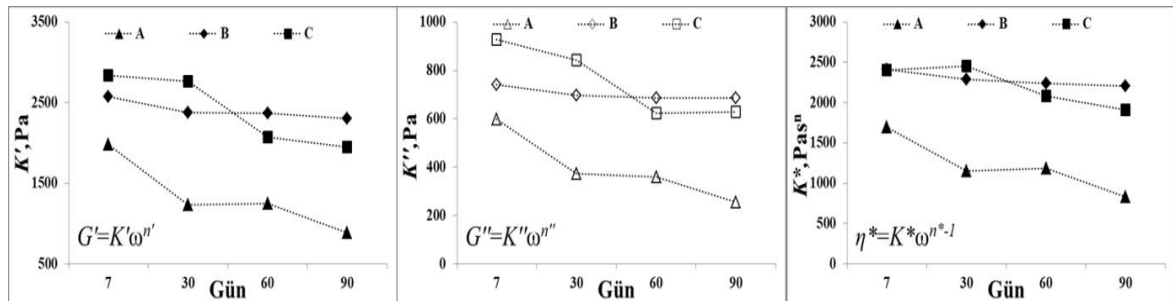
serum albumin > $\beta$ -laktoglobulin ( $\beta$ -Lg) > $\alpha$ -laktalbumin ( $\alpha$ -La)] denatüre olan fraksiyonları, kazein ile etkileşim gösterirken tiyol-disülfid yer değiştirme reaksiyonları, hidrofobik etkileşimler ve iyonik bağlanmalar gerçekleşmektedir (Singh ve Waungana, 2001). Gerilim direncinin ve yapısal sıkılığın yüksek olması düşük yağ miktarı ile de ilişkilendirilmektedir. Çünkü yağ, protein matriksinde kayganlaştırıcı etki göstermektedir ve fazla olduğu sistemin kazein proteinleri arası etkileşimini azaltarak peynirin kırılma geriliminin düşmesine neden olmaktadır (Guinee vd., 2000). Pastörizasyon sıcaklığındaki artış ile birlikte peynirin kuru madde miktarının artması ve buna bağlı olarak da yağ içeriğinde azalma peynir üretiminde gözlenen bir sonuçtur (Frau vd., 2014). Bu nedenle A peynirinin düşük viskoleastik özelliği, C ve B'ye göre yağ içeriğinin yüksek olmasına da bağlanabilir. Cheddar peynirlerinin yüksek yağ içermesi durumunda gerilim direncinin ve yapısal sıkılığının azaldığı

daha önceki bir çalışmada rapor edilmiştir (Guinee vd., 2000).

Viskoz bileşen ( $G''$ ) peynir matriksi içerisindeki bileşenlerin hareket edebilme veya akma yeteneğini göstermektedir. 7 günlük depolama sonundaki peynirlerin bu bileşeni, peynir çeşitleri için benzer özellik gösterirken, depolama boyunca bu bileşende düşüşün görüldüğü süreçte C ve B benzer viskoz karaktere sahip olurken A peyniri zamanla en düşük viskoz karakterdeki peynir olmuştur. A peynirine kıyasla, viskoz karakterin, peynirin genel viskoelastik yapısındaki rolünün depolama süresince C ve B peynirlerinde daha yüksek olması, uygulanan yüksek sıcaklığın olumlu bir sonucudur.

Dinamik viskoelastik analiz parametreleri, peynir matriksindeki toplam bağ sayısı ve bağların kuvvetini de göstermektedir (Lucey vd., 2003). Depolama süresince viskoelastik özelliklerin değişimini yorumlamak için modüllerin değişimi açısıl hızın fonksiyonu olarak üssel modele uyarlanmıştır ( $R^2 > 0.99$ ) ve  $K'$  ve  $K''$  parametrelerinin zamana bağlı değişimleri Şekil 2'de sunulmuştur. Depolamaya bağlı olarak proteoliz nedeniyle toplam bağ sayısı ve kuvvetin peynir matriksinde azalması nedeniyle parametrelerde düşüş görülmüştür. Proteoliz ile peptid bağlarında kırılma ile oluşan yeni iyonların proteinlerin su tutma kapasitesi arttırması sonucu toplam kuru madde miktarında azalma (i) ve hidrolize olan protein fraksiyonlarının salamuraya geçişi ile peynir protein miktarında azalma (ii) viskoelastik özellikteki düşüşün bağlanabileceği

diğer nedenlerdir (Atasoy ve Türkoğlu, 2008). Süte uygulanan farklı pastörizasyon sıcaklık normları, peynirlerin bu değerlerinin düşüş eğilimlerinde değişikliklere neden olmuştur. Yüksek pastörizasyon sıcaklığından kaynaklı doğrusal olmayan kazein molekülleri arası çapraz bağların sayısının fazla olması nedeniyle B ve C peynirlerinin daha sıkı bir peynir yapısında olduğu düşünülmektedir (Soltani vd., 2016). En düşük parametre değerlerine sahip A peynirinin, depolama süresince de bu parametrelerdeki düşme eğilimi de yüksek olmuştur. İlk ayda C peynirine göre  $K'$  ve  $K''$  değerleri B için düşük bulunmuştur. Fakat B peynirinde parametreler depolamaya bağlı olarak önemli bir düşüş sergilememiştir ve ikinci ayda önemli düşüşün başladığı C peynirine göre parametre değerleri daha yüksek bulunmuştur. A peynirinde proteolitik aktivite yüksek iken (veri gösterilmemiştir) B ve C peynirlerinin bu aktiviteye direnci yüksek bulunmuş ve depolama boyunca B peyniri daha kararlı bir özellik ortaya koymuştur. C peynirindeki 2. aydan sonra görülen önemli miktardaki düşüş ise B peynirine göre kazein proteinleri arasında gömülmüş halde bulunan denatüre peynir altı suyu proteininin fazla olması nedeniyle kazein proteinleri arası etkileşimin ve sürekliliğin proteolitik aktivite ile daha fazla düşüş göstermesi ile açıklanabilir (Rynne vd., 2004). Denatüre peynir altı suyu proteinlerinin ve çeşitlerinin peynirin toplam proteinindeki oranının başlangıç ve depolama sırasında beyaz peynirin viskoelastik özelliklerini ve depolama stabilitesini etkilediği anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Beyaz peynirlerin elastik ( $G'$ ), viskoz ( $G''$ ) ve kompleks viskozite ( $\eta^*$ ) bileşenlerinin üssel model parametrelerinin depolama süresince değişimi

Figure 2. The variation in the Power law model parameters of elastic ( $G'$ ), viscous ( $G''$ ) and complex viscosity ( $\eta^*$ ) of White cheeses during storage

Kompleks viskozite akmaya karşı direncin ölçüsü olup kompleks modülün açılma hızı bölünmesi ile bulunur. Kompleks viskozitenin açılma hızının fonksiyonu olan akış grafiği, kayma gerilimine bağlı viskozite grafiği ile benzerlik gösterdiğinden, peynir gibi materyallerin viskoziteleri hakkında fikir edinebilmek için kompleks viskozite kullanılmaktadır (Giri vd., 2018). Ostwald-de Waele denkliği elde edilen sonuçların modellenmesinde kullanılmıştır ve depolamaya bağlı model parametrelerindeki değişim Şekil 2'de gösterilmiştir. 0.1-0.4 arasında değişen  $n^*$  değerleri peynirlerin pseudo-plastik karakterde olduğunu göstermektedir.

Viskozitenin bir ölçüsü olan konsistens katsayısı ( $K^*$ ), dinamik viskozite parametreleri ile benzer değişim sergilemiştir. B peynirinin viskozitesi depolama süresince özelliğini korurken A peynirinde 2. ay itibarıyla önemli düşüş başlamıştır. Benzer viskozite azalmasının görüldüğü Feta peynirlerinde bu düşüş, proteolizin ileri safhasında gerçekleşen laktik asit bakterileri kaynaklı proteaz ve peptidaz aktiviteleri ile büyük oligopeptid yapılarının daha küçük peptid ve aminoasit moleküllerine dönüşmesi ile açıklanmıştır (Farbod vd., 2013). Proteolizin bu safhası A peynirinde ise ilk ayda görülmüştür. Dolayısıyla süte uygulanan yüksek ısı işlemi viskozite stabilitesini artırırken ileri düzey sıcaklıkların denatüre peynir altı suyu proteinin artışından kaynaklı stabiliteyi azaltıcı etkisi ortaya çıkmaktadır.

### Tekstür analizi

Gıdaların tekstür özellikleri, tüketim sırasında dokunma ve çiğneme yoluyla hissedilen kalite parametresi olduğu gibi tüketim öncesi paketleme, taşıma ve depolama koşullarındaki direnci bakımından da önemlidir. Tekstür Profil Analiz (TPA) parametreleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Ölçüm sırasında hedeflenen deformasyon için gerekli en yüksek kuvveti ifade eden sertlik değeri üzerine ve depolama sırasındaki değişim eğilimine pastörizasyon sıcaklığının etkili olduğu görülmüştür. İlk hafta sonunda peynirlerin sertlik değeri 13-16 N arasında değişiklik göstererek C>B>A şeklinde sıralanmıştır. Bu sıralama dinamik reolojik özellikler ile uyumlu olup kazeinin molekül içi ve moleküller arası

etkileşimlerinin yüksek pastörizasyon sıcaklığı ile daha yoğun gerçekleştiğini ve peynir yapısındaki denatüre protein yüzdesinin sıcaklık ile artış göstererek toplam protein miktarını arttırdığı ve deformasyona karşı direncin genel peynir yapısında geliştiğini doğrulamıştır. Protein oranı ile peynirin sertliği arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Koca ve Metin, 2004). Depolama boyunca peynir çeşitleri farklı değişimler göstermiştir. A peynirinde düzenli bir düşüş 3. ayın sonuna kadar devam ederken B peynirinin sertlik değerini koruduğu, ilk ay sertlik değeri düşen C peynirinin ise devam eden süreçte bu değerinin değişmediği ve B peynirine göre daha yumuşak hale geldiği belirlenmiştir. Bu nedenle proteolitik aktivitenin depolama sırasında A peynirinde en yüksek iken B peynirinde en düşük olduğu ve bu peynirin proteolitik aktiviteye daha dirençli sıkı bir jel ağ yapısına sahip olduğu söylenilebilir. Bu sonuç, dinamik reolojik analizler ile uyumlu olarak, B peynirinde A'ya göre daha az yağ bulunmasına ve C'ye göre ise daha az denatüre peynir altı suyu protein varlığına bağlanabilir. Genel olarak depolama sırasında peynirin tekstür profil parametrelerindeki değişimler proteoliz, glikoliz, lipoliz ve pH değişimlerine bağlanmaktadır (Lemes vd., 2016).

Dış yapışkanlık (adhesiveness) peynirin ağızda temas ettiği yüzeyden dil ile uzaklaştırılması için gereken kuvvet olarak ifade edilmektedir (Bryant vd., 1995). Analiz açısından anlamı ise tekstür analizinde kullanılan probun yüzeyden ayrılması için gerekli kuvvettir. Bu değer B peynirinde en yüksek seviyede olup depolama sırasında istatistiksel açıdan önemli bir değişim sergilememiştir ( $P > 0.05$ ). C peynirinde önemli düşüş son ayda gerçekleşirken ( $P < 0.05$ ), A peynirinde ise depolama boyunca düzenli bir düşüş gözlenmiştir. Genel olarak peynirlerde bu değerdeki azalma yağ ve kuru maddedeki düşüş ile ilişkilendirilmektedir (Bryant vd., 1995). Yağ ve kuru madde bileşenindeki artış nedeniyle depolama sırasında dış yapışkanlık değerinin arttığı tespit edilen beyaz peynir ile ilgili çalışma bu teoriyi destekleyen raporlardan biridir (Karaman ve Akalın, 2013). Depolamanın son gününde bu değer en yüksek seviyede görüldüğü B peynirinin, C peynirine göre daha az kimyasal bileşen değişimi sergilediği düşünülmektedir.

Çizelge 1. Beyaz peynirlerin TPA parametrelerinin depolama süresince değişimi  
 Table 1. TPA parameters variation of White cheeses during storage

Tekstür Profil Analiz Parametreleri							
Gün Day	Sertlik g Hardness g	Dış Yapışkanlık (-) gs Adhesiveness(-)gs	Elastikiyet mm Springiness mm	İç Yapışkanlık Cohesiveness	Sakızlımsılık g Gumminess g	Çiğnenebilirlik gmm Cheviness gmm	
A	7	1353.3±18.9 <sup>cd</sup>	141.8±1.3 <sup>e</sup>	0.87±0.00 <sup>a</sup>	0.75±0.00 <sup>ab</sup>	1022.4±15.2 <sup>b</sup>	892.4±4.6 <sup>b</sup>
	30	975.4±49.8 <sup>e</sup>	120.2±0.3 <sup>f</sup>	0.86±0.00 <sup>ab</sup>	0.72±0.00 <sup>abc</sup>	706.7±35.3 <sup>e</sup>	613.1±34.1 <sup>f</sup>
	60	713.1±9.9 <sup>f</sup>	75.67±2.6 <sup>g</sup>	0.85±0.00 <sup>abc</sup>	0.71±0.00 <sup>bc</sup>	512.0±2.0 <sup>f</sup>	438.8±4.6 <sup>g</sup>
	90	714.3±5.5 <sup>f</sup>	69.4±1.9 <sup>g</sup>	0.83±0.00 <sup>bcd</sup>	0.71±0.00 <sup>bc</sup>	511.8±8.5 <sup>f</sup>	428.1±5.3 <sup>g</sup>
B	7	1461.5±12.0 <sup>bc</sup>	258.2±4.8 <sup>a</sup>	0.86±0.00 <sup>a</sup>	0.71±0.00 <sup>bc</sup>	1050.8±4.5 <sup>b</sup>	913.6±2.7 <sup>b</sup>
	30	1511.1±20.2 <sup>b</sup>	248.3±4.6 <sup>ab</sup>	0.84±0.00 <sup>abcd</sup>	0.68±0.00 <sup>cd</sup>	1028.4±25.5 <sup>b</sup>	866.8±12.8 <sup>bc</sup>
	60	1456.7±24.2 <sup>bc</sup>	231.2±6.0 <sup>bc</sup>	0.84±0.00 <sup>abcd</sup>	0.64±0.00 <sup>d</sup>	945.2±3.3 <sup>bc</sup>	797.8±5.4 <sup>cd</sup>
	90	1546.7±66.4 <sup>ab</sup>	218.2±8.7 <sup>c</sup>	0.81±0.01 <sup>d</sup>	0.51±0.02 <sup>e</sup>	800.3±67.17 <sup>de</sup>	652.5±41.2 <sup>ef</sup>
C	7	1665.0±23.3 <sup>a</sup>	187.0±1.2 <sup>d</sup>	0.87±0.00 <sup>a</sup>	0.77±0.00 <sup>a</sup>	1291.4±56.9 <sup>a</sup>	1123.7±55.0 <sup>a</sup>
	30	1317.9±56.5 <sup>d</sup>	182.0±3.8 <sup>d</sup>	0.87±0.01 <sup>a</sup>	0.74±0.00 <sup>ab</sup>	976.0±17.6 <sup>b</sup>	851.5±3.6 <sup>bc</sup>
	60	1368.9±13.0 <sup>cd</sup>	176.9±7.6 <sup>d</sup>	0.85±0.00 <sup>abc</sup>	0.74±0.00 <sup>ab</sup>	1023.3±16.5 <sup>b</sup>	871.7±6.8 <sup>bc</sup>
	90	1354.3±13.5 <sup>cd</sup>	85.6±0.9 <sup>g</sup>	0.83±0.00 <sup>bcd</sup>	0.62±0.02 <sup>d</sup>	851.7±22.1 <sup>cd</sup>	711.6±20.3 <sup>de</sup>

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $P < 0.05$ )

Values are given as means ± standard deviations.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ( $P < 0.05$ )

Elastikiyet (springiness) peynir örneğinin ilk sıkıştırma ile deformasyonundan sonra orijinal haline dönme derecesi olarak ifade edilmektedir (Akalin ve Karaman, 2010). 0.82-0.87 aralığında değişen elastik değer daha önceki bir beyaz peynir çalışması sonuçları ile uyumludur (Cankurt, 2019). Depolamanın ilk haftasında birbirine benzer elastik özellik gösteren peynirler depolamanın 2. ayına kadar istatistiksel açıdan değişmemiştir ( $P > 0.05$ ). Depolama süresince de elastikiyet değerinin sabit kalması daha önceki peynir çalışmalarında (Beyaz, kaşar ve feta peynirleri) gözlenen bir sonuçtur ve bu çalışmalarda depolama süresince yağ miktarının değişmemiş olması elastik stabilite ile yağ miktarında artış ise elastikiyette azalma yani elastik özellikteki protein ağ yapısında azalma ile ilişkilendirilmiştir (Ahmed vd., 2016; Eroglu vd., 2016; Jalilzadeh vd., 2018). Ayrıca beyaz peynirlerde yüksek su miktarı da elastikiyetin depolama sırasında sabit kalmasına bağlanmaktadır (Al-Otaibi ve Wilbey, 2006). Sertlik değeri ve reolojik analizlerdeki çıkarım olan A peynirinin yüksek proteoliz hassasiyetine rağmen elastik özelliğinin iki ay boyunca sabit kalması yüksek su miktarına bağlanmıştır. Proteoliz ile elastikiyet arasında doğrusal korelasyon olmadığı beyaz peynirler ilgili bir

çalışma da rapor edilmiştir (Cankurt, 2019). Olgunlaştırma sırasında elastik parametrenin azalması monokalsiyum ve dikalsiyum para  $\kappa$ -kazein molekülünden kalsiyum iyonunun salınması sonucu bu moleküllerin yani protein ağ yapısının hidrolizi kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Akalin ve Karaman, 2010). Bu durum ancak her bir peynir çeşidi için depolamanın 3. ayında görülmüştür ( $P < 0.05$ ) fakat elastikiyet açısından son ayda örnekler arası fark ortaya çıkmamış olması ( $P > 0.05$ ) pastörizasyon sıcaklığının elastik özellik üzerine etkisinin olmadığını göstermektedir.

İç yapışkanlık (cohesiveness), peynirin çiğneme ile parçalanmadan önceki deformasyonunun ölçüsü veya peynirin 3 boyutlu protein-yağ matriksinin oluşumundan sorumlu iç bağların kuvvetini ifade etmektedir (Ahmed vd., 2016; Karaman ve Akalin, 2013). Bu değer kuru madde oranı ile doğru orantılı yağ içeriği ile ters orantılı değişim gösterdiği belirtilmiştir (Karaman ve Akalin, 2013). Ancak kimyasal kompozisyon ile iç yapışkanlık arasında birbiri ile uyuşmayan zıt ilişkilerin gözlemlendiği çalışmalar da bulunmaktadır (Eroglu vd., 2016). İlk hafta sonunda iç yapışkanlık değeri en yüksek örnek C



ve A peynirleri depolamanın ilk aylarında ve bazı birbirini takip eden aylarda istatistiksel bir değişim sergilememişlerdir ( $P > 0.05$ ). B peyniri için depolama süresince düzenli bir azalmanın görüldüğü iç yapışkanlık parametresinin sertlik ile negatif korelasyon gösterdiği belirtilmiştir (Lee ve Marshall, 1981). Bu ilişki 3 aylık depolama sonundaki peynir örneklerinde sertlik parametresinin tersi bir sıralama ile bu çalışmada da gözlenmiştir ( $A > C > B$ ).

Sakızimsılık (gumminess) peynir örneğin yutmaya hazır hale gelmesi sırasında parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır. Sertlik ve iç yapışkanlık verilerinin çarpımı ile elde edildiği için sertlik ve iç yapışkanlığı etkileyen faktörler sakızimsılık değerini de etkilemektedir. İlk hafta sonunda sertlik ile uyumlu olarak en yüksek sakızimsılık C peynirinde görülürken, 3 aylık depolama sonunda en düşük sakızimsılık ise A peynirinde görülmüştür. Depolama sırasında azalma profili de sertlik ile benzer değişim göstermiştir. Dolayısıyla süte uygulanan farklı pastörizasyon sıcaklıklarının protein yapısı ve olgunlaştırma sırasındaki proteolize bağlı değişimi üzerine etkisi bu parametrede de görülmektedir. Artan sıcaklık peynirin yutma kıvamına gelmesi için gerekli enerjiyi arttırmıştır. Sakızimsılık değerinin esneklik ile çarpılması sonucu, peynirin sertlik özelliğine bağlı değişen bir diğer parametre olan çiğnenebilirlik (chewiness) türetilmektedir. Yutmadan önce gerekli çiğneme sayısı veya bu amaç için yapılan iş olarak ifade edilmektedir ve tüketilen gıdanın tadının algılanmasını etkileyen önemli bir parametredir (Türkmen, 2019). Bu nedenle sertliği etkileyen faktörler bu değeri de etkilediğinden sertlik değeri sakızimsılık ve çiğnenebilirlik gibi TPA analizindeki alt parametrelerin tahmin edilmesini sağlamaktadır. C peynirinin ilk hafta sonunda bu değeri en yüksek seviyede olmuştur ancak depolama sırasında B peynirinin bu parametresinde azalma eğilimi ilk iki ay daha az olmuştur ve 3 ay sonunda B ve C peynirleri arasında çiğnenebilirlik için istatistiksel açıdan fark ortaya çıkmamıştır ( $P > 0.05$ ). Dolayısıyla yüksek pastörizasyon sıcaklığına maruz kalan süttten üretilen bu peynirlerin olgunlaştırma sırasında gerçekleşen protein-protein etkileşimini etkileyen

biyokimyasal değişimlere daha dirençli hale geldiği düşünülmektedir.

### Renk analizi

Renk analiz sonuçları Çizelge 2’de sunulmuştur. Peynir yüzeyinden geçiş gösteren ışığın yağ-protein ara-yüzeyinden saçılmasıyla belirlenen renk parametreleri, moleküler ve mikro-yapısal düzeyde heterojenliğe bağlı olarak değişmektedir (Akalin ve Karaman, 2010). Süte uygulanan pastörizasyon sıcaklığının  $L^*$  değeri üzerine önemli bir etki göstermemesi durumu peynirlerin olgunlaştırılması sırasında da devam etmiştir ( $P > 0.05$ ). Depolama sırasında  $a^*$  değeri B için sabit kalırken C peynirinde ise düşmüştür. Artan pastörizasyon sıcaklığı C peynir grubunun yeşil renginde artışa neden olmuştur ancak depolamanın genel olarak peynir çeşitlerinde bu rengin değişiminde bir etkisi olmadığı görülmüştür ( $P > 0.05$ ).  $b^*$  değeri açısından ne peynir çeşitlerinde ne de depolama süresince bir değişim gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ). Bu parametrelerin kombinasyonlarıyla türetilen  $WT$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  değerlerinde de değişimler az olup belirgin farklılık ortaya koyan bir peynir çeşidinin belirlenmemesi, peynirlerde tüketici algısını olumsuz etkileyecek bir renk değişiminin depolama süresince korunduğunu göstermektedir.  $h^\circ$  açısı  $0^\circ$  ve  $360^\circ$ ’ler için kırmızıyı,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  ve  $270^\circ$ ’ler için ise sırasıyla sarı, yeşil ve mavi renge işaret etmektedir (Izli vd., 2014). Bu bakımdan  $h^\circ$  açısı  $91-97^\circ$  aralığında değişen peynir örneklerin sarı renge yakın olması bir süt ürünü için beklenen ve daha önceki peynir çalışmalarında da gözlenen bir durumdur (Ramírez-López ve Vélez-Ruiz, 2018).

### Duyusal analiz

Farklı pastörizasyon sıcaklıkları uygulanmış süttten üretilen peynirlerin depolama süresi boyunca Tat-Aroma, Yapı-Tekstür ve Görünüş-Renk puanları Şekil 3’de birarada sunulmuştur. Her bir peynir çeşidi için Tat- Aroma puanları, depolama süresince azalma göstermesine rağmen istatistiksel değişim gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ). 60. günde Tat-Aroma açısından en çok beğenilen peynir A ve B peynirleri olmuştur. Bu aşamadan sonra depolamanın ilerleyen günlerinde daha düşük puanı olan C peynirinin fark edilen kusuru

ise “pişmiş tat” olmuştur. Olgunlaştırma periyodu boyunca A ve C peynirlerinin Yapı-Tekstür puanlarında düşüş olsa da istatistiksel fark görülmemiştir ( $P > 0.05$ ). 2. aya kadar bu duyuşal özelliğın puanı B peyniri için artarken bu peynir son ayda istatistiksel bir düşüş göstererek A ve C peynirleri ile benzer Yapı-Tekstür özelliğı ortaya koymuştur ( $P > 0.05$ ). Depolama periyodunda Görünüş-Renk özelliğı A ve B peynirlerinde 2. aya kadar yüksek bulunmuştur fakat son ay önemli bir azalma görülerek C peyniri ile benzer Görünüş-

Renk karakterine ulaşmıştır. Genel olarak peynirlerin depolamanın son ayındaki duyuşal analize ait parametrelerinin puanlarında önemli düşüş görülürken A ve B peynirlerinin genel olarak C peynirinden daha yüksek puanlar aldığı tespit edilmiştir. TPA analizinin bir kısım parametrelerinde düşük değerler gösteren A peyniri, duyuşal değerlendirmede panelistlere diğere peynirlerden belirgin bir farklılık hissettirmemiştir.

Çizelge 2. Beyaz peynirlerin color parametrelerinin depolama süresince değışimi  
Table 2. Color parameters variation of White cheeses during storage

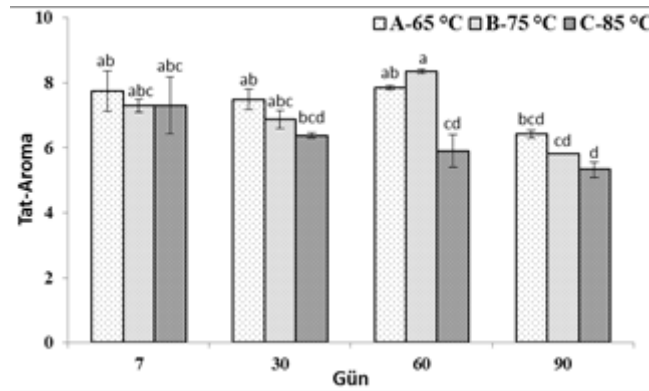
		Renk Parametreleri					
Gün Day		$L^*$	$a^*$	$b^*$	WI	$C^*$	$b^\circ$
A	7	94.38±0.06 <sup>a</sup>	-0.63±0.11 <sup>bc</sup>	9.09±0.34 <sup>a</sup>	10.70±0.33 <sup>a</sup>	9.11±0.35 <sup>a</sup>	93.95±0.55 <sup>b</sup>
	30	93.84±0.36 <sup>a</sup>	-0.52±0.13 <sup>ab</sup>	8.47±1.44 <sup>ab</sup>	10.49±1.38 <sup>a</sup>	8.49±1.45 <sup>ab</sup>	93.51±0.30 <sup>b</sup>
	60	93.67±0.16 <sup>a</sup>	-0.38±0.14 <sup>ab</sup>	8.03±0.41 <sup>ab</sup>	10.23±0.22 <sup>a</sup>	8.03±0.41 <sup>ab</sup>	92.68±0.86 <sup>bc</sup>
	90	93.47±0.12 <sup>a</sup>	-0.22±0.03 <sup>a</sup>	7.38±0.07 <sup>ab</sup>	9.85±0.02 <sup>a</sup>	7.38±0.07 <sup>ab</sup>	91.74±0.29 <sup>c</sup>
B	7	94.22±0.28 <sup>a</sup>	-0.53±0.12 <sup>ab</sup>	7.29±0.33 <sup>ab</sup>	9.31±0.45 <sup>a</sup>	7.30±0.34 <sup>ab</sup>	94.17±0.74 <sup>b</sup>
	30	94.45±0.62 <sup>a</sup>	-0.52±0.00 <sup>ab</sup>	7.12±0.25 <sup>b</sup>	9.04±0.58 <sup>a</sup>	7.13±0.25 <sup>ab</sup>	94.22±0.20 <sup>b</sup>
	60	94.45±0.36 <sup>a</sup>	-0.51±0.05 <sup>ab</sup>	7.32±0.09 <sup>ab</sup>	9.20±0.30 <sup>a</sup>	7.33±0.10 <sup>ab</sup>	93.98±0.38 <sup>b</sup>
	90	94.02±0.39 <sup>a</sup>	-0.31±0.00 <sup>ab</sup>	6.60±0.19 <sup>b</sup>	8.91±0.10 <sup>a</sup>	6.61±0.19 <sup>b</sup>	92.68±0.07 <sup>bc</sup>
C	7	94.79±0.73 <sup>a</sup>	-0.88±0.09 <sup>cd</sup>	7.81±0.43 <sup>ab</sup>	9.43±0.77 <sup>a</sup>	7.86±0.44 <sup>ab</sup>	96.45±0.30 <sup>a</sup>
	30	93.32±0.04 <sup>a</sup>	-0.97±0.01 <sup>d</sup>	7.86±0.30 <sup>ab</sup>	10.36±0.20 <sup>a</sup>	7.92±0.30 <sup>ab</sup>	97.03±0.37 <sup>a</sup>
	60	93.81±0.38 <sup>a</sup>	-0.89±0.02 <sup>cd</sup>	7.87±0.20 <sup>ab</sup>	10.05±0.40 <sup>a</sup>	7.92±0.20 <sup>ab</sup>	96.48±0.01 <sup>a</sup>
	90	93.29±0.48 <sup>a</sup>	-1.11±0.9 <sup>d</sup>	8.55±0.04 <sup>ab</sup>	10.93±0.33 <sup>a</sup>	8.62±0.04 <sup>a</sup>	97.39±0.13 <sup>a</sup>

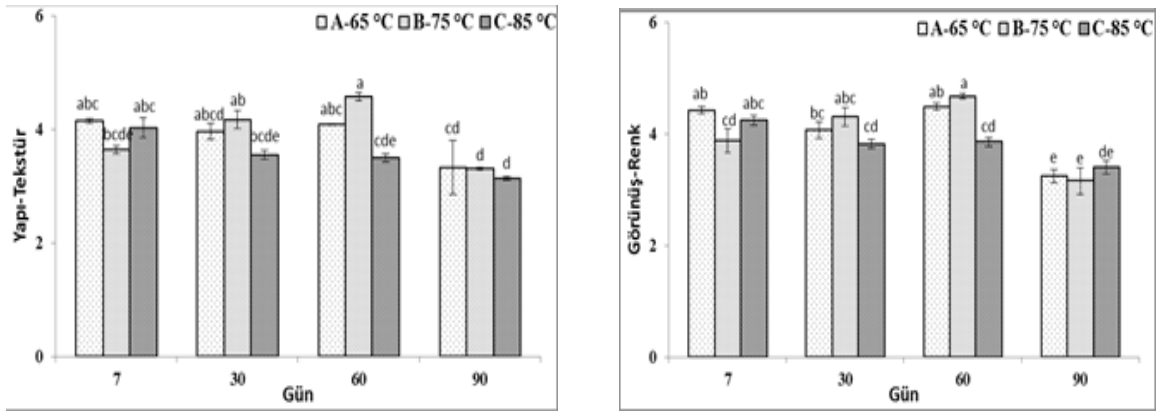
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $P < 0.05$ )

Values are given as means ± standard deviations.

The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant ( $P < 0.05$ )





Şekil 3. Beyaz peynirlerin duyu özelliklerinin depolama süresince değişimi

Figure 3. Sensory properties variation of White cheeses during storage

## SONUÇ

Süte uygulanan farklı pastörizasyon sıcaklıkları, Beyaz peynirin dinamik reolojik analiz parametrelerini ve tekstür profil bileşenlerini depolama süresince etkilemiştir. C ve B peynirlerinin elastik özelliği, A'dan daha yüksek olmuştur. Sıcaklık artışı kazein protein etkileşimini arttırmıştır. Depolama sırasında B peynirinin biyokimyasal etkiye bağlı değişim eğilimi C ve özellikle A'ya göre daha az olmuştur. C peynirinin devam eden süreçteki düşüşü ise yapısındaki denatüre peynir altı suyu proteinin yüksek oranına bağlanmıştır. B peynirinin sertlik ve dış yapışkanlık değerleri de daha yüksek bulunmuştur. Renk parametreleri uygulanan sıcaklıklara bağlı değişmemiştir. Duyusal analizler açısından B peynirinin Yapı-Tekstür özelliği 2 ay süresince daha yüksek puan alırken son ayda ise peynirlerin bu özelliği birbirine benzer bulunmuştur. Sonuç olarak bu çalışma, daha iyi bir viskoelastik özellikte Beyaz peynir üretiminin 75 °C sıcaklığında pastörizasyon işlemi ile sağlanabileceğini göstermiştir. Ancak uygun sıcaklık ve sürenin peynirin bileşenlerine göre değişeceği ve düşük yağlı peynirlerin arzu edilen viskoelastik karakterlerinin karşılanmasında bu çalışmadaki yaklaşımın katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, diğer kişilerin ve kurumların arasında bir çıkar çatışması yoktur.

## YAZAR KATKILARI

OA çalışmayı tasarladı. OA ve AK analizleri gerçekleştirerek makaleyi yazdı. Tüm yazarlar makalenin yazımına katkıda bulundu, son halini okudu ve onayladı.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2140720 proje numarası ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. Peynir üretimlerinin yapıldığı Atatürk Orman Çiftliği'ne, reoloji ve tekstür analizlerinin gerçekleştirildiği Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne teknik desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Ahmed, S. A., Wehaidy, H. R., Ibrahim, O. A., Abd El Ghani, S., El-Hofi, M. A. (2016). Novel milk-clotting enzyme from *Bacillus stearothermophilus* as a coagulant in UF-white soft cheese. *Biocatal Agric Biotechnol*, 7, 241-249, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.06.011>.

Ak, M. M., Lokumcu-Altay, F. (2011). *Peynirde Reoloji ve Tekstür. Peynir Biliminin Temelleri*, Hayaloğlu & B. Özer (baş ed.). Sidas Medya Ltd., İzmir, Türkiye s. 367-416.

Akalın, A. S., Karaman, A. D. (2010). Influence of packaging conditions on the textural and sensory characteristics, microstructure and color of industrially produced Turkish white cheese during ripening. *J Texture Stud*, 41(4), 549-562, doi: [10.1111/j.1745-4603.2010.00241.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00241.x).

- Al-Otaibi, M. M., Wilbey, R. A. (2006). Effect of chymosin reduction and salt substitution on the properties of white salted cheese. *Int. Dairy J.*, 16(8), 903-909, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.08.006>.
- Atasoy, A. F., Türkoğlu, H. (2008). Changes of composition and free fatty acid contents of Urfa cheeses (a white-brined Turkish cheese) during ripening: Effects of heat treatments and starter cultures. *Food Chem*, 110(3), 598-604, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.046>.
- Benfeldt, C., Sørensen, J., Ellegård, K. H., Petersen, T. E. (1997). Heat treatment of cheese milk: Effect on plasmin activity and proteolysis during cheese ripening. *Int. Dairy J.*, 7(11), 723-731, doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(97\)00083-6](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(97)00083-6).
- Bryant, A., Ustunol, Z., Steffe, J. (1995). Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. *J. Food Sci.*, 60(6), 1216-1219, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb04559.x>.
- Cankurt, H. (2019). The effects of adding different stabilizers in brine on the physicochemical, sensory, microbiological and textural properties of white cheese. *Foods*, 8(4), doi: 10.3390/foods8040133.
- Drake, M. A., Gerard, P. D., Truong, V. D., Daubert, C. R. (1999). Relationship between instrumental and sensory measurements of cheese texture. *J Texture Stud*, 30(4), 451-476, doi: 10.1111/j.1745-4603.1999.tb00230.x.
- Eroglu, A., Toker, O. S., Dogan, M. (2016). Changes in the texture, physicochemical properties and volatile compound profiles of fresh Kashar cheese (<90 days) during ripening. *Int J Dairy Technol*, 69(2), 243-253, doi: 10.1111/1471-0307.12250.
- Farbod, F., Kalbasi, A., Moini, S., Emam-Djomeh, Z., Razavi, H., Mortazavi, A., Beheshti, H.-R. (2013). The effects of storage time on physicochemical, rheological, micro-structural and sensory properties of feta cheese fortified with fish and olive oils. *J Nutr Food Sci*, 3(5).
- Florencia, F. S. (2013). Rheology of spreadable goat cheese made with autochthonous lactic cultures differing in their ability to produce exopolysaccharides. *J Food Process Technol*, 33(2), 233-238, doi: 10.1590/S0101-20612013005000034.
- Fox, P. F., McSweeney, P. L., Cogan, T. M., Guinee, T. P. (2004). Cheese: *Chemistry, Physics and Microbiology*, Volume 1, 3rd Edition, Academic Press, Elsevier, 640 p., ISBN: 9780122636523.
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., O'Mahony, J. A. (2015). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. 2nd Edition, Springer International Publishing, Switzerland, 584 p., ISBN: 978-3-319-14891-5.
- Frau, F., Font de Valdez, G., Pece, N. (2014). Effect of Pasteurization Temperature, Starter Culture, and Incubation Temperature on the Physicochemical Properties, Yield, Rheology, and Sensory Characteristics of Spreadable Goat Cheese. *Journal of Food Processing*, 2014, 705746, doi: 10.1155/2014/705746.
- Giri, S. K., Tripathi, M. K., Kotwaliwale, N. (2018). Effect of composition and storage time on some physico-chemical and rheological properties of probiotic soy-cheese spread. *J Food Sci Technol*, 55(5), 1667-1674, doi: 10.1007/s13197-018-3078-1.
- Guinee, T. P., Auty, M. A. E., Fenelon, M. A. (2000). The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. *Int. Dairy J.*, 10(4), 277-288, doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00048-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00048-0).
- Guinee, T. P., Pudja, P. D., Farkye, N. Y. (1993). Fresh Acid-Curd Cheese Varieties. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, In P. F. Fox (chief ed.), Volume 2, Springer, Boston, USA, pp. 363-419.
- Gunasekaran, S., Ak, M. M. (2000). Dynamic oscillatory shear testing of foods — selected applications. *Trends Food Sci Technol*, 11(3), 115-127, doi: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00058-3).

- Guo, L., Van Hekken, D. L., Tomasula, P. M., Shieh, J., Tunick, M. H. (2011). Effect of salt on the chemical, functional, and rheological properties of Queso Fresco during storage. *Int. Dairy J.*, 21(5), 352-357, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.12.009>.
- Izli, N., Yildiz, G., Ünal, H., Işık, E., Uylaşer, V. (2014). Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *Int J Food Sci Technol*, 49(1), 9-17, doi: 10.1111/ijfs.12266.
- Jalilzadeh, A., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., Javidipour, I. (2018). The effect of ultrasound treatment on microbial and physicochemical properties of Iranian ultrafiltered feta-type cheese. *J. Dairy Sci.*, 101(7), 5809-5820, doi: 10.3168/jds.2017-14352.
- Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H., Hojjati, M. (2017). Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low-fat Iranian White cheese. *Food Sci Nutr*, 5(3), 669-677, doi: 10.1002/fsn3.446.
- Joshi, N. S., Jhala, R. P., Muthukumarappan, K., Acharya, M. R., Mistry, V. V. (2004). Textural and Rheological Properties of Processed Cheese. *Int J Food Prop*, 7(3), 519-530, doi: 10.1081/JFP-200032962.
- Kahyaoglu, T., Kaya, S. (2003). Effects of heat treatment and fat reduction on the rheological and functional properties of Gaziantep cheese. *Int. Dairy J.*, 13(11), 867-875, doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00113-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00113-4).
- Karaman, A. D., Akalın, A. S. (2013). Improving quality characteristics of reduced and low fat Turkish white cheeses using homogenized cream. *Lebensm Wiss Technol*, 50(2), 503-510, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.017>.
- Kessler, H. G. (1996). *Lebensmittel-und Bioverfahrenstechnik—Molkereitechnologie*, Verlag A. K.(chief ed.), München, 4, Germany, pp. 424-454.
- Koca, N., Metin, M. (2004). Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *Int. Dairy J.*, 14(4), 365-373, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.006>.
- Lee, Y., Marshall, R. (1981). Microstructure and Texture of Process Cheese, Milk Curds, and Caseinate Curds Containing Native or Boiled Soy Proteins. *J. Dairy Sci.*, 64(12), 2311-2317, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82852-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82852-4).
- Lemes, A. C., Pavón, Y., Lazzaroni, S., Rozycki, S., Brandelli, A., Kalil, S. J. (2016). A new milk-clotting enzyme produced by *Bacillus* sp. P45 applied in cream cheese development. *Lebensm Wiss Technol*, 66, 217-224, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.038>.
- Lucey, J. A., Johnson, M. E., Horne, D. S. (2003). Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *J. Dairy Sci.*, 86(9), 2725-2743, doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73869-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7).
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 68(1), 88-113, doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>.
- Ramírez-López, C., Vélez-Ruiz, J. F. (2018). Effect of Goat and Cow Milk Ratios on the Physicochemical, Rheological, and Sensory Properties of a Fresh Panela Cheese. *J. Food Sci.*, 83(7), 1862-1870, doi: 10.1111/1750-3841.14195.
- Rubel, I. A., Iraporda, C., Gallo, A., Manrique, G. D., Genovese, D. B. (2019). Spreadable ricotta cheese with hydrocolloids: Effect on physicochemical and rheological properties. *Int. Dairy J.*, 94, 7-15, doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.03.002>.
- Rynne, N. M., Beresford, T. P., Kelly, A. L., Guinee, T. P. (2004). Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. *Int. Dairy*

J., 14(11), 989-1001, doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.03.010>.

Sant'Anna, V., Gurak, P. D., Ferreira Marczak, L. D., Tessaro, I. C. (2013). Tracking bioactive compounds with colour changes in foods – A review. *Dyes Pigm*, 98(3), 601-608, doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.04.011>.

Singh, H., Waungana, A. (2001). Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *Int. Dairy J.*, 11(4), 543-551, doi:  
[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00085-1).

Soltani, M., Boran, O. S., Hayaloglu, A. A. (2016). Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on microstructure and rheological properties of Iranian UF White cheese. *Lebensm Wiss Technol*, 68, 724-728, doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.028>.

Spotti, M. J., Martinez, M. J., Pilosof, A. M. R., Candiotti, M., Rubiolo, A. C., Carrara, C. R. (2014). Rheological properties of whey protein and dextran conjugates at different reaction times. *Food Hydrocoll*, 38, 76-84, doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.11.017>.

Türkmen, D. (2019). Farklı ticari rennetlerle üretilen beyaz peynirlerde olgunlaşma sırasında tekstürel, mikroyapısal ve biyokimyasal değişimler. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Hatay, Türkiye, 168 s.

Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Leggett, L. N., Tomasula, P. M. (2012). Impact of curd milling on the chemical, functional, and rheological properties of starter-free Queso Fresco1,2. *J. Dairy Sci.*, 95(10), 5527-5535, doi:  
<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4933>.