

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

**YÜKSEK ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ SÜT İLE ÜRETİLMİŞ TÜRK BEYAZ
PEYNİRİNDE ÜRETİM PH'SININ KALSİYUM DENGESİ VE PEYNİRİN
KESİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba PAMUKSUZ

Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZTÜRK

Aralık 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ SÜT İLE ÜRETİLMİŞ TÜRK BEYAZ
PEYNİRİNDE ÜRETİM PH'SININ KALSİYUM DENGESİ VE PEYNİRİN
KESİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba PAMUKSUZ

Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 30.12.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi
Mustafa ÖZTÜRK
Jüri Başkanı

Doç. Dr.
Dilek ANGİN
Üye

Doç. Dr.
Tülay ÖZCAN
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.


Tuğba PAMUKSUZ
30.12.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Proje kapsamında deneysel üretimlerimizi yapabilmemiz için tesislerinin tüm imkanlarını bize açan Elif Süt Ürünleri ve Güneşoğlu Süt Gıda San. ve Tic. A.Ş.'ye şükranlarımı sunarım. Eğitimin boyunca deneyimlerinden yararlandığım sayın Arş. Gör. Hatice SIÇRAMAZ'a ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme, eşim Batuhan PAMUKSUZ'a ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan TÜBİTAK'a (Proje No: 215O651) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	vii
 BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
 BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Süt ve Sütün Bileşimi.....	4
2.1.1. Sütün kimyasal bileşimi.....	5
2.1.1.1. Süt lipidleri (yağı).....	6
2.1.1.2. Süt proteinleri.....	7
2.2. Serum proteinleri.....	8
2.2.2. Kazeinin kimyasal yapısı.....	13
2.2.2.1. α -Kazein.....	14
2.2.2.2. β -Kazein.....	15
2.2.2.3. κ -Kazein.....	15
2.3. Kazein Miseli Modelleri.....	15
2.3.1. Alt (Sub) misel modeli.....	15
2.3.2. Dual - Binding modeli (Internal structure models).....	16
2.4. Kazeinin Pıhtılaşması.....	17

2.5. Pıhtının Tamponlama Kapasitesi.....	19
2.6. Peynir.....	20
2.6.1. Beyaz peynir.....	21
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOD.....	25
3.1. Peynir Üretimi.....	25
3.2. Peynirin Analizleri.....	26
3.2.1. Peynirin kompozisyon analizleri.....	26
3.2.2. Tekstür analizleri.....	26
3.3. Deneysel Dizayn ve İstatistik Analizleri.....	27
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI	28
4.1. Kompozisyon ve Kolloidal Kalsiyum.....	28
4.2. Proteoliz.....	31
4.3. Tekstürel Özellikler.....	32
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	36
KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

α	: Alfa
β	: Beta
Ca	: Kalsiyum
κ	: Kappa
Na	: Sodyum
pI	: İzoelektrik Nokta
°C	: Santigrat Derece
CC	: Colloidal Calcium
KK	: Kolloidal Kalsiyum
KKF	: Kolloidal Kalsiyum Fosfat
TPA	: Tekstür Profil Analizi
YIBP	: Yüksek Isıl İşlem Uygulanmış Beyaz Peynir

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İmmünoglobülinlerin G1, salgılayıcı A1 ve M'nin şematik şekli	
Disülfat bağlantıları kısa çizgilerle gösterimi	10
Şekil 2.2. α s1- ve κ -kazein ile kaplanan misel yapısı	16
Şekil 2.3. Kazein alt/sub misel	16
Şekil 2.4. α , β , κ kazein ile kazein misel yapısının çift bağlanma modeli	17
Şekil 3.1. Beyaz Peynir Üretim Akış Şeması	25
Şekil 4.1. pH 4,7 (●), 5,0 (○), ve 5,3 (▼)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca kolloidal kalsiyumun toplam kalsiyuma göre yüzde değişimi	30
Şekil 4.2. pH 4,7 (●), 5,0 (○), ve 5,3 (▼)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca pH değerleri	30
Şekil 4.3. pH 4,7 (●), 5,0 (○), ve 5,3 (▼)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca suda çözünür azotun toplam azota oranı	32
Şekil 4.4. pH 4,7 (☐), 5,0 (▣), ve 5,3 (▤)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca tekstür profil analizinden elde edilen sertlik değerleri (aynı haftada bulunup aynı harfi paylaşmayan sütunlar istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$))	33
Şekil 4.5. pH 4,7 (☐), 5,0 (▣), ve 5,3 (▤)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca kesme testinden elde edilen yapışkanlık (adhesiflik) değerleri (aynı haftada bulunup aynı harfi paylaşmayan sütunlar istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$)).....	34
Şekil 4.6. pH 4,7 (☐), 5,0 (▣), ve 5,3 (▤)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca kesme testinden elde edilen kırıkların boyutları ve kırıkların ağırlıkları(aynı haftada bulunup aynı harfi paylaşmayan sütunlar istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$))	35

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1. İnek sütünde bulunan bazı vitaminlerin miktarları (100 gram süt için)...	6
Tablo 2.2. Süt proteininin önemli fraksiyonları ve bazı özellikleri	8
Tablo 2.3. Süt proteinlerinin biyolojik fonksiyonları	13
Tablo 4.1. Deneysel peynir örneklerinin üretimin 2. haftasında ölçülen nem, yağ, protein, tuz, kül, Ca ve Na oranları	23

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Beyaz peynir, çözünür ve kolloidal kalsiyum fosfat, peynirin kesilebilirliği ve tekstürü

Beyaz peynirlerde kesme işlemi sırasında kırıkların oluşması ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu çalışma ile hedefimiz çeşitli (5,3, 5,0, 4,7) pH değerlerinde kapanan beyaz peynirlerin proteine bağlı kolloidal kalsiyumun (KK) miktarını tespit etmek ve kesilebilirliği incelemektir. Bu amaçla 4 farklı zamanda yüksek ısı işlem uygulanmış süt (78°C, 8dk) kullanılarak üretilmiş beyaz peynir örneklerinin kimyasal özellikleri ve tekstürleri 1., 2., 4., ve 8. haftalarda takip edilmiştir. Kapama pH değeri 4,7 olan peynirler pH 5,3 ve 5,0'da kapanan peynirlere göre depolama süresi boyunca daha sert bir yapı ($P<0,05$) göstermişlerdir. Depolama süresi boyunca peynirlerin pH değerleri ile kesilme işlemi sırasında oluşan kırıkların boyutu arasında bir ilişki gözlemlenmemiş, fakat kırık ağırlığı ile peynirin pH'sı arasında istatistiksel olarak anlamlı ($P<0,05$) negatif korrelasyon ($r = 0,63$) gözlemlenmiştir (başka bir deyişle pH değerindeki düşme kırık ağırlığını arttırmıştır). pH 5,3 ve 5,0'da kapatılan peynirlerin kesmeye karşı gösterdiği yapışkanlık (adhesiflik) depolama süresi boyunca artmıştır. Depolama süresi boyunca peynirlerin KK miktarları ile suda çözünen azotlu madde (SÇA) miktarları farklılık gözlemlenmemiştir. Bu çalışma ile beyaz peynirin kapama pH'sındaki artışın beyaz peynirde kesme sırasında oluşan kırık ağırlığını azalttığı ortaya konmuştur. Aynı zamanda bu çalışma ile literatürde ilk kez Türk beyaz peynirinde KK miktarı gözlemlenmiştir.

IMPACT OF VARIOUS FINAL pH VALUES ON THE CALCIUM EQUILIBRIUM AND SLICEABILITY OF FRESH TURKISH WHITE CHEESE

SUMMARY

Keywords: White cheese, soluble and colloidal calcium phosphate, cuttability and texture of cheese

Cheese crumbs that occurs during cutting/portioning of white cheese causes economical losses. In this study our goals were to investigate the colloidal calcium (CC) content and the sliceability of white cheeses that were manufactured at various final (packing) pH (5,3, 5,0, 4,7) values. For this purpose, we manufactured 4 batches of cheese at different times from high heat treated milk (78°C, 8min) and monitored the chemical and textural properties at 1, 2, 4, and 8 wk. Cheeses that were packed at pH 4,7 were harder ($p < 0,05$) compared to cheeses that were packed at pH 5,3 ve 5,0. No correlation was observed cheese pH values and the size of the crumbs; however, there were a significant ($p < 0,05$) negative correlation ($r = 0,63$) between cheese pH and higher crumb weight (i.e. decrease in cheee pH increased the crumb weight). Cheeses packed at pH 5,3 and 5,0 exhibited increasing adhesiveness over cutting during storage. All cheese samples exhibited similar CC content and water soluble nitrogen values during storage. This study showed that increase in the packing pH of white cheese reduced the weight of crumbs occurred during cutting. Also this is the first study in the literature that the CC content of Turkish white cheese was monitored.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Beyaz peynir ülkemizde ekonomik değeri en yüksek peynirdir. Ülkemizde yılda yaklaşık 400,000 ton beyaz peynir üretilmektedir (Hayaloglu ve ark., 2002; Anonim, 2014). Beyaz peynirlerin üretiminde ya da üretim sonrası satışında yapısal kaynaklı sorunlar ekonomik kayıplara yol açmakta ve milli sermayemizi olumsuz etkilemektedir. Kültürlü olarak tanımlanan ve üretiminde sütün en az pastörizasyon normlarında ısıtılma tabii tutulduğu peynirler son yıllarda ülkemizde tüketiciye küçük (0,5, 1,0 kg) ambalajlar içerisinde satılmaya başlanmıştır. Fakat küçük ve orta ölçekli işletmelerin bir bölümü halihazırda beyaz peynirleri 18 kg'lık tenekelerde üretilip pazara sunmaktadır. Tüketiciye sunulmadan önce tenekelerde market ve pazarlara sunulan bu peynirler tüketici isteği doğrultusunda porsiyonlanmakta, kesme işlemi sırasında peynirlerde dağılma ya da kırılmalar gözlemlenebilmektedir. Peynir tekstürünü başlıca kompozisyon, proteoliz oranı, pH değeri, Ca miktarı, tuz miktarı, kazein ve serum proteinleri arasındaki etkileşim ve peynir üretiminde izlenen protokol etkilemektedir (Lucey ve ark., 1993). Peynir üretiminin sonlandırıldığı, peynirlerin depolamaya (türüne göre olgunlaştırmaya) alındığı son pH değeri peynirin tekstürünü etkileyen başlıca faktörlerdendir. Asitliğin gelişme hızı ve üretimin sonlandırıldığı son pH değeri peynirde bulunan mineral miktarını, başka bir deyişle tekstür için kritik önem taşıyan kolloidal ve toplam kalsiyum miktarını etkilemektedir (Lucey ve ark., 2003).

Kazeinler arası etkileşimi iki türlü çekme kuvveti yönetmektedir; bunlar fosfoseril kümeleriyle pozitif yüklü kalsiyum fosfat kümeleri arasında oluşan iyonik etkileşim ve kazeinlerin hidrofobik bölgeleri arasındaki hidrofobik interaksiyonlardır (Horne, 1998). Peynirde asitliğin artmasıyla birlikte kazeinlere bağlı olarak bulunan kolloidal kalsiyum (KK) çözünerek pasta-filata peynirlerde olduğu gibi peynir elastik, hamurumsu, işlenebilir bir yapı alır. Öte yandan peynirdeki asitlik gelişimi

izoelektrik noktaya yaklaştığında elektrostatik itme kuvveti azalır ve kazeinler arası hidrofobik etkileşimler artar, bu da peynirlere beyaz peynirde olduğu gibi sert ve kırılgan bir yapı kazandırır (Lucey ve ark., 2003). Doğal peynirlerde (proses peynirler haricinde kalan peynirlerde) peynirin asitliği kazeinlere bağlı KK'un çözünmesinde başlıca rol oynar. Kısaca peynirlerin depolamaya kaldırıldığı son pH değeri peynirin tüketiciye ulaşacağı son tekstürel (ör; sertliğini, elastikiyetini, adhesifliğini, kohesifliğini) yapısının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Her ne kadar beyaz peynirde KK üzerine çalışma yapılmamış olsa da dünyanın çeşitli peynir türlerinde (ör; Cheddar, Mozzarella, Gouda, proses peynir) peynirde kalsiyumun konumu üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Metzger ve ark., 2001; Hassan ve ark., 2004; Lee ve ark., 2005). Beyaz peynire benzer şekilde pH değeri 5,0'ın altında olan peynirlerde peynir tekstürü ve KK miktarını inceleyen sınırlı sayıda çalışma vardır. Lee ve arkadaşları (2005) ters ozmoz ile konsantre edilen (laktoz miktarı arttırılmış) süt ile iki farklı son pH değerinde (5,3 ve 5,1) üretilmiş Cheddar peynirlerinde reolojik özelliklerin ve KK'un nasıl etkilendiğini incelemişlerdir. Cheddar peynirinde pH'nın 5,0'ın altına düşmesi (pH 5,1'de üretilmiş olan peynirde depolama süresinde asit gelişmesine bağlı olarak pH değeri 5,0'ın altına düşmüştür) peynirlerin sert ve kırılgan bir yapı almasına, yapıda çatlakların oluşmasına, peynirde su salınımının gerçekleşmesine ve eriyebilirliğin azalmasına yol açtığı bildirilmiştir (Lee ve ark., 2005).

Ülkemizde beyaz peynir üzerine çalışmaların büyük bölümü proteolizin tekstür üzerine olan etkilerini mercek altına almıştır (Hayaloglu ve ark., 2002; Topçu ve Saldamlı, 2006). Fakat özellikle yüksek ısıl işlem uygulanmış süt ile üretilmiş beyaz peynirler olgunlaştırma gerektirmemekte ve doğrudan pazara sunulmaktadır. Olgunlaştırılmadan tüketiciye sunulan peynirlerde kalsiyumun konumu (çözünür ya da kolloidal halde) ve miktarı tekstürü etkileyen en önemli unsurdurlardandır (Sheehan ve Guinee, 2004; O'Mahony ve ark., 2005). Geçmişte Ultrafiltre (UF) Feta ve İran beyaz peyniri üzerine yapılan araştırmalarda KK doğrudan ölçülmemiş fakat tekstürde meydana gelen değişimler proteoliz hızı ve starter kültür miktarlarıyla izah edilememiş olmasından tekstür sonuçları hipotetik olarak KK miktarıyla

ilişiklendirilmiştir (Wium ve Qvist, 1998; Khosrowshahi ve ark., 2006). Hayaloglu ve ark. (2002)'nin beyaz peynir üzerine yazdığı kapsamlı derleme makalesinde belirtildiği gibi beyaz peynirde KK miktarının raf ömrü süresince değişimini inceleyen bir akademik çalışma henüz yapılmamıştır. Bu alışma KK'un depolama süresince beyaz peynirde değişimini inceleyen ilk çalışmadır. Aynı zamanda bu çalışma beyaz peynirde kesme sırasında oluşan kırıkları inceleyen ilk çalışma olma özelliği de taşımaktadır.



BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Süt ve Sütün Bileşimi

Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği (Tebliğ No: 2000/6)'ne göre çiğ süt; “bir veya daha fazla inek, keçi, koyun ve mandanın sağılmasıyla elde edilen, 40°C'nin üzerine ısıtılmamış veya eşdeğer etkiye sahip herhangi işlem görmemiş kolostrum dışındaki meme salgısıdır”.

Süt; dişi memeli hayvanların doğumdan sonra meme bezlerinde salgılanan kendine özgü tat ve kokuya sahip olan bir besindir. Sütün bileşimi elde edildiği memeliye göre farklılık gösterdiğinden sütler, genellikle alındığı hayvanın türü ile ifade edilmektedir. Süt teknolojisinde sadece süt sözcüğü denildiğinde inek sütleri anlaşılmaktadır. Genellikle birçok ürünün hammaddesi inek sütü olduğundan temel süt kaynağı olarak inek sütü kabul edilmektedir.

Polidispers bir gıda olan sütün bileşiminde bulunan protein, kolloidal dispersiyon; süt yağı, emülsiyon; laktoz ve mineral maddeler gerçek çözelti halinde bulunarak kolloidal bir sistem oluşturmaktadır. Tablo 1.1.'de hayvan türlerine göre sütlerin ortalama bileşimleri, ana besin öğeleri bakımından verilmiştir. Tablo 1.1.'e göre sütün yağ oranı %1,5-22,0, kuru madde oranı %11-38, laktoz oranı %1,8-7,0, protein oranı %1,0-12,0 ve mineral madde oranı da %0,2-1,7 arasında değişmektedir (Üçüncü, 2015).

Yapılan araştırmalarda sütün bileşiminin mevsimsel değişimler, fizyolojik değişiklikler ve hastalık durumları gibi birçok etkenden dolayı etkilendiğini göstermektedir. İlkbahar döneminde sütte bulunan yağ oranı daha yüksek iken sonbahar döneminde sütte bulunan protein, yağsız kuru madde ve kül miktarının

daha yüksek olduğu, sonbahar ve ilkbahar dönemindeki sütlerin kompozisyon açısından farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Bu farklılıklar sütün tat, koku ve renginde farklılıklar oluşturmaktadır (Ünal ve Besler, 2008).

Türkiye’de en çok tüketilen süt ürünü olan peynirin kişi başına yıllık tüketimi bölgeler itibariyle değişiklik göstermekte olup 7-10 kg arasında değişiklik göstermektedir. Bu tüketim seviyesi gelişmiş ülkelerdeki tüketim seviyesine oldukça yakındır. Peynirden sonra en çok tüketilen süt ve süt ürünleri ise yoğurt, içme sütü, tereyağı, dondurma ve süttozu olmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2014 yılı verilerine göre 18.6 milyon ton çiğ süt üretiminin gerçekleştiği ve yaklaşık olarak 631 bin ton peynir üretildiği bildirilmektedir. Üretilen peynirlerin önemli bir bölümünü (~%60) beyaz peynir oluştururken üretilen diğer başlıca peynirler kaşar (~%15), tulum, mihalıc ve yöresel peynirlerdir (~%25) (Badem, 2015).

2.1.1. Sütün kimyasal bileşimi

Sütün kimyasal bileşiminde süt lipidleri, süt proteinleri, laktoz (süt şekeri), mineral maddeler ve vitaminler bulunmaktadır.

Laktoz, süt şekeri olarak adlandırılmakta olup doğada yüksek oranda sadece sütte bulunmaktadır. Glukoz ve galaktozdan oluşan laktoz sütün yapısında bulunan başlıca karbonhidrattır. Sütün yapısında az miktarda oligosakkaritlerde bulunmakta olup son yıllarda süt oligosakkaritlerinin prebiyotik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar artmıştır.

Süt iyi bir mineral kaynağıdır. Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor ve çinko gibi birçok minerali içeren sütün demir içeriği ve demir biyoyararlılığı oldukça düşüktür. Bu sebeple çocukluk döneminde demir ihtiyacının karşılanmasına önemli bir katkı sağlayamamaktadır. Sütün kompozisyonu gibi mineral içeriği de birçok parametreden etkilenmektedir. Hayvanın fizyolojik durumu, laktasyon durumu, çevresel faktörler ve genetik faktörler, süte uygulanan bazı işlemler gibi birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir (Ünal ve Besler, 2008).

Tablo 2.3.'te sütün içinde bulunan bazı vitaminlerin miktarları gösterilmektedir. Sütün içerisinde bulunan karotenoidler, süt yağına sarımsı rengi veren renk maddeleridir. Riboflavin ise süt yağına parlak sarı rengini verir. Süt yağı azaldıkça yağda eriyen vitamin (A, D, E ve K vitaminleri) içeriği de azalmaktadır. Zenginleştirilmemiş sütte D ve K vitamini oldukça az miktarda bulunmaktadır.

Süt, suda eriyen vitaminleri (B ve C vitaminleri) de içermektedir. Folat açısından iyi bir kaynak kabul edilmesinin nedeni, emilimi arttıran folat bağlayıcı proteinler ve serum proteinleri içermesidir. Fakat süte uygulanan kontrollü veya kontrolsüz uygulanan ısıt işlemler sütün vitamin içeriğini azaltabilmektedir (Ünal ve Besler, 2008)

Tablo 2.1. İnek sütünde bulunan bazı vitaminlerin miktarları (100 gram süt için) (Ünal ve Besler, 2008)

Süt Çeşiti	A vit. (retinol)	D vit. (µg)	E vit. (mg)	C vit. (mg)	B ₁ vit. (mg)	B ₂ vit. (mg)	Folik asit (µg)
Tam Yağlı, Taze	-	-	-	1.5	0.04	0.19	5.0
Yaz Mevsimi	35.0	0.030	0.10	B	b	B	b
Kış Mevsimi	26.0	0.13	0.07	B	b	B	b
Sterilize	31.0	0.022	0.09	0.8	0.03	0.19	4.0
UHT(Uzun Ömürlü)	31.0	0.022	0.09	1.5	0.4	0.19	5.0
Yağsız, Taze	A	A	A	2.4	0.10	0.58	10.0

a: İz miktarda bulunmaktadır. b: Bu değerlerle ilgili veri yoktur.

2.1.1.1. Süt lipidleri (yağı)

Sütün yapısını oluşturan en önemli maddelerden biri süt yağıdır. İnek sütünün yağ oranı %3.,2-6,0 arasında değişmektedir. Sütün yağ oranını süt hayvanının ırkı, yaşı,

beslenmesi, laktasyon devresi, sağım şekli ve hastalıkları etkilemektedir (Üçüncü, 2015).

Süt serumunda bulunan süt yağı, çapları 0,1-20 μm arasında değişen kürecikler halinde bulunur. Küreciklerin ortalama çapları 3-4 μm arasındadır. 1 ml sütte yaklaşık olarak 15 milyar yağ küreciği bulunmaktadır (Üçüncü, 2015).

Süt yağının %98-99'u yağ kürecikleri içinde bulunan trigliseridlerden oluşur. Diğer %1-2'lik kısmı ise; di- ve mono-gliseridler, serbest yağ asitleri, steroller, karotenoidler ve A, D, E, K vitaminlerinden oluşmaktadır. Yağ küreciklerinin çevreleri 5-10 nm kalınlığında bir membran ile kaplıdır. Bu membran fosfolipid-protein kompleksinden oluşur ve emülsiyon stabilitesini sağlar. Membran ayrıca serebrositler, nükleik asitler, başta fosfataz ve lipaz olmak üzere bazı enzimler, demir (Fe^{+2}) ve bakır (Cu^{+2}) gibi metaller ve bazı tuzlar içermektedir (Üçüncü, 2015).

Membranın yapısında yer alan fosfolipid-protein kompleksi ve küreciklerin elektrik yükü, yağ küreciklerinin birbirleriyle kümeleşmeden ayrı kalmalarında etkisi bulunmaktadır. Yağ küreciklerinin elektrik yükleri negatiftir. Özellikle taze sütlerde daha belirgin olan bu negatif yük, taneciklerin ayrı kalmasında rol oynamaktadır. Sütte asitliğin gelişmesiyle birlikte yağların emülsiyon stabilitesi azalmaktadır (Üçüncü, 2015).

2.1.1.2. Süt proteinleri

Süt proteinleri, içinde bulundurduğu temel aminoasitler ve organik azot sayesinde oldukça önem oluşturmaktadır. Sütte bulunan proteinlerin yaklaşık olarak %80'ini kazeinler, %20'sini serum proteinleri oluşturmaktadır. Enzimatik koagülasyonla üretilen peynirlerde bazı proteinlerin peynir suyunda kalmaları nedeniyle bu proteinler serum proteinleri “peynir altı suyu proteinleri” olarak da ifade edilmektedir (Öztürk, 2015). İnek sütünün pH'sı oda sıcaklığında (25°C) 6,6'dır. Yaklaşık 30°C'de pH 4,6'da proteinlerin yaklaşık %80'i çökerek çözeltiden uzaklaşmaktadır. Çözeltiden uzaklaşıp çöken kısım kazein proteinleri olarak

adlandırılmaktadır. Serum proteinleri kazeinlerin izoelektrik noktası olan pH 4,6'da çökmezler ve çözelti içinde kalırlar (Yıldırım, 2014).

Tablo 2.2. Süt proteininin önemli fraksiyonları ve bazı özellikleri (Üçüncü, 2015)

Protein Fraksiyonları	Süt Proteinindeki Payı (%)	İzoelektrik Noktası (pI)	Molekül Ağırlığı (DALTON)
Kazeinler	79	4.6	2-18x10 ⁵
α_s -kazein	45-55	5.1	22500
β -kazein	23-35	5.3	24000
κ -kazein	8-15	4.1-4.5	19000
Serum Proteinleri			
β -laktoglobulin	7-12	5.2	18300
α -laktalbumin	2-5	5.1	14000
Serum albumini	0.7-1.3	4.8	69000
İmmünglobulinler	1.9-3.3	4.6-6.0	15-100x10 ⁴
Proteoz-peptonlar	2-6	3.7	4-40x10 ³

2.2. Serum Proteinleri

Serum proteinleri, peynir üretimi sırasında kazeinin ayrılması ve çökmesinden sonra kalan kısımdır. Serum proteinleri, çözünmüş halde, serumda bulunur. Sıklıkla peynir altı suyu proteinleri olarak adlandırılırlar, ancak peynir mayası peynir altı suyu proteinleriyle tam olarak özdeş olmasalar da, κ -kazeinden ayrılan peptidleri içerir. Serum proteinleri, peynir altı suyu proteinleri olarak da ifade edilmektedir. Süt proteinlerinin %20'sini oluştururlar (Yılmaz ve ark., 2007). Globüler yapıda olan serum proteinlerin %50 β -laktoglobulin, %20 α -laktalbumin, %10 serum albümini, %10 immünglobulinler ve %19 proteoz-peptonlar ile diğer minör protein fraksiyonlarını (laktoferrin vb.) içerirler. Proteoz pepton dışında, tüm serum

proteinleri küresel proteinlerdir. IEP (izoelektrik pH)'lerinde çözelti halinde kalırlar, ancak ısıya duyarlıdırlar.

Biyolojik değeri en yüksek olan protein grubu serum proteinleri ikincil, üçüncül ve dördüncül yapılara sahip olan ısıya duyarlı proteinlerdir ve doğal formlarında suda çözünür formda bulunurlar. Besinsel ve fonksiyonel özellikleri bu proteinlerin yapısal nitelikleri ile ilişkilidir (Gür ve ark., 2010).

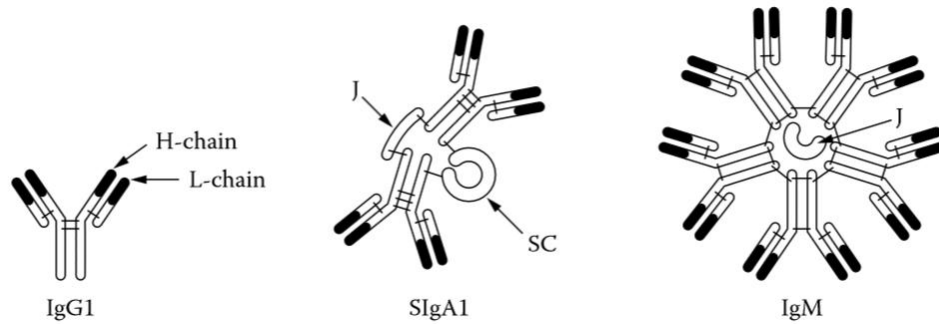
β -laktoglobulin ana serum proteindir ve özellikleri, peynir altı suyu proteinini preparatlarının, özellikle ısı işlem sonucunda ortaya çıkan reaksiyonların özelliklerini domine etme eğilimindedir. Çözünürlüğü, pH ve iyonik kuvvetine kuvvetli bir şekilde bağlıdır, ancak sütün asitlenmesinde çökelmez; Aynısı diğer serum proteinleri için de geçerlidir. β -laktoglobulin, içerisinde sülfidril grupları bulunduran hidrofobik karakterli globular bir proteindir. Zaman-sıcaklığa bağlı olarak 65°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda denatürasyona uğramaktadır. Bu olay sonucu iç sülfidril gruplar, reaktif hidrofobik gruplar ve ϵ -NH₂ grupları ortaya çıkar.

α -laktalbumin dört disülfid bağına sahiptir. Aktif bir şekilde kalsiyuma bağlanması sonucu denatürasyona karşı daha stabil hale gelmektedir. Serum albumini, 17 adet disülfid bağı ve 1 adet serbest thiol grubu içeren büyük globular bir proteindir. Lipid ve flavorları bağlaması sonucu denatürasyona karşı daha stabil hale gelmektedir. α -laktalbumin bir Ca iyonu için spesifik olmayan bir bağlama bölgesine sahiptir. Ca güçlü bir şekilde bağlanır ve protein konformasyonunu stabilize eder. Ca'nın uzaklaştırılması veya pH'ı yaklaşık 4'e düşürülmesi, ayrıca Ca iyonunu da gevşetir, erimiş bir globül halinde kısmi açılmalara neden olur. Bu durumda, protein nispeten düşük sıcaklıklarda geri dönüşümsüz ısı denatürasyonuna tabi tutulur. Doğal α -laktalbumin, ısıtma sırasında başka bir protein mevcut değilse, ısı işleminden sonra tamamen renatürasyon gösterir.

Sütteki immünoglobulinler konsantrasyon ve bileşimde büyük ölçüde değişiklik gösterir (kolostrum yüksek bir immünoglobulin içeriğine sahiptir). Immünoglobulinler, spesifik antijenlerin stimülasyonuna cevap olarak sentezlenen

antikorlardır. Kanda spesifik olarak bulunurlar. İmmünoglobulinler, bir alt sınıfta bile olsa, heterojen bileşimin büyük glikoprotein molekülleridir. Bu, her birinin farklı peptid zincirleri üretebilecekleri farklı salgılama hücreleri tarafından oluşturuldukları göz önüne alındığında sürpriz değildir. Dahası, molekülün bir kısmı, belirli bir antijeni nötrleştirmek için spesifik olarak oluşturulur; bu sözde aşırı değişken bölümdür.

Sütte oluşan G (gammaglobulinler), A ve M (makroglobulinler) dahil olmak üzere çeşitli immünoglobulin sınıfları ayırt edilir (Şekil 2.1.). Her IgG molekülü, iki ağır (H) ve iki hafif (L) zincirden oluşan bir polimerdir; $MW \approx 150.000$. Molekül iki aynı reaktif bölgeye veya kavşağa sahiptir. İçerdiği antijen veya çoğu zaman küçük bir kısmı tam olarak bu bölgelere girer. Birkaç etkileşimle bağlanır: H bağları, hidrofobik bağlar ve elektrostatik çekim. Her iki reaktif alan arasındaki mesafe elastiktir. Bu, antijene yapışmayı kolaylaştırır. IgG immünoglobulin birçok antijene karşı etki yapabilir ve bakteri üremesini engelleyebilir. IgM, J bileşeni adı verilen (Şekil 2.1.) birleştirilmiş bir IgG benzeri molekül pentamerinden oluşur. Yaklaşık 900,000 molar kütle ve yaklaşık 30 nm çapa sahip büyük bir moleküldür.



Şekil 2.1. İmmünoglobülinlerin G1, salgılayıcı A1 ve M'nin şematik şekli Disülfat bağlantıları kısa çizgilerle gösterilmi. Değişken kısımlar siyah (P. Walstra ve R. Jenness, Süt Kimyası ve Fiziyi, Wiley, New York, 1984)

IgM, polisakarit gruplarına karşı (bakteri hücre duvarında meydana gelen) karşı bir antikor olabilir ve özellikle bakteri ve virüsleri içeren "parçacıklara" karşı etkilidir. Bu parçacıkları topaklayabilir, çünkü bunlardan ikisine tek bir IgM molekülü eklenir (reaktif bölgeler molekülün dışındadır).

Bu topaklaştırmaya aglütinasyon denir ve IgM bir aglutinin(Serumda meydana gelen antikor. Antijenle reaksiyona girme sonucu, onların birbirine yapışıp kümeleşmesini sağlayan antikor.) ile ilgilidir. Aglütinasyon reaksiyonu, antijene göre spesifikdir ancak aynı zamanda pH ve iyonik kuvvet gibi faktörlere de bağlıdır; genellikle, optimum pH 5,5 ile 7,0'dır ve optimum iyon gücü ≈ 0.05 'tir.

Bazı aglütinler, soğukta çökebilme yeteneği gösterirler, yani düşük sıcaklıkta çökeltiler ($<37^{\circ}\text{C}$, daha iyi $<15^{\circ}\text{C}$). Bunu yaparken başka partikülleri de aglütine edebilirler; bu kısmen spesifik olmayan bir topaklaşmadır, fakat geri kalanı için aglütinasyona benzer. İlgili proteinlere kriyoglobulinler denir.

Sütte, IgG (1 ve 2), IgA ve IgM'nin hepsi mevcuttur. Konsantrasyonlar oldukça değişkendir. Kolostrumdaki konsantrasyonlar 30 ila 100 kat daha yüksek olabilir, oysa laktasyonda çok az süt bulunur; Ayrıca bireysel inekler arasında önemli farklılıklar vardır.

Sütte IgG (çeşitli sınıfların en yüksek konsantrasyonuna sahip) ve IgA'nın etkisi hakkında çok az şey bilinmektedir; bazı propiyonik asit bakterileri bunlardan biri veya her ikisi tarafından inhibe edilir. Bununla birlikte, sütte IgM çok önemlidir. Gram-pozitif bakterilerin önleyicisi olan lakteninler L1 ve L3'ü içerir. Bu lakteninler aglütininlerdir. L3 özellikle bazı *Lactococcus lactis* türlerine karşı etkilidir. Bunların topaklaştırmacı etkileri oldukça spesifiktir; genellikle, bir suşta hassas ve hassas olmayan bakteriler vardır. Doğal olarak, spesifik etki, ineğin karşılaştığı antijenlere (bu durumda bakteri) bağlı olacaktır.

IgM, en az bir kriyoglobülin içerir. Sonuncusu, spesifik olmayan bir reaksiyon olan süt yağı globüllerinin topaklanmasında rol oynar: her bir kriyoglobülin, her çeşit sütün yağ küreciklerini gösterir. Bakteriler ayrıca yağ kürecikleri üzerinde topaklanır. Muhtemelen, bu spesifik bir tepkidir. Bütün bu reaksiyonlar, bakterilerin süt kütesinden uzaklaştırılmasına neden olur.

Genel olarak aglütinasyon, bakterileri kabın dibine çöker. Yağ küreciklerinin üzerine yapıştırlarsa, krem tabakasında birikirler. Sonuç olarak, katılan bakterilerin metabolizması ve büyümesi önemli ölçüde inhibe edilebilir. Aglütininler ısı ile etkisizleştirilir. İnaktivasyon reaksiyonu, immünoglobulinlerin çözünmez hale gelmesi ile çakışmaktadır.

Homojenizasyon ayrıca aglütininleri de etkisiz hale getirir, ancak açıklama belirsizdir. İmmünoglobulinlerin temel doğal işlevi, buzağılara bağışıklık kazandırmaktır.

Buzağı, doğumdan sonraki ilk birkaç gün boyunca, gastrointestinal yoldan kolostrumdan kandaki sağlam immünoglobulinleri emebilir. Kolostrum, proteolitik enzimleri inhibe eden bir bileşen (globülin benzeri bir protein) içerir - özellikle tripsin. Sütte bu bileşen neredeyse yoktur.

Ayrıca, immünoglobulinlere saldırmayan kimozi yeni doğmuş buzağının kırkbayırında (geviş getiren hayvanların içkembesinin dördüncü bölümü) pepsinden daha çok proteolitik enzim oluşur. Buzağı büyüdükçe, daha fazla pepsin üretilir.

Proteoz peptonu, ısıya duyarlı olmayan olarak tanımlanır, pH 4,6'da çökelmez ve %12 trikloroasetik asit ile çökeltir. Bu fraksiyon diğer serum proteinlerinden oldukça farklıdır. Aynı zamanda, bir yağ globül membranı oluşturan bir glikoproteini (PP3) içerir. Özetle, nötr pH'da, kazein misellerinde proteoz peptonunun önemli bir kısmı bulunur; peynir mayası peynir suyunun proteoz peptonun tamamını içermediğinden dolayı ancak sütün asitlenmesiyle elde edilen serumun içinde bulunur.

Laktoferrin, *Bacillus stearothermophilus* ve *Bacillus subtilis* dahil olmak üzere bazı bakterilerin inhibitörüdür. İnhibisyon, demirin, daha kesin olarak Fe^{+3} iyonlarının serumdan çıkarılmasından kaynaklanır. Kuşkusuz inek sütünde laktoferrin konsantrasyonu düşüktür; insan sütünde çok daha yüksektir.

Tablo 2.3. Süt proteinlerinin biyolojik fonksiyonları (Gür ve ark., 2010)

Protein	Konsantrasyon(g/L)		Fonksiyon
	İnek	İnsan	
Toplam kazeinler	26.0	2.7	-İyon taşıyıcı (Ca,Fe,Zn,Cu), biyoaktif peptidler için ön madde
α_s -kazein	13.0	-	
β -kazein	9.3	-	
κ -kazein	3.3	-	
Toplam serum proteinleri	6.3	7.3	-Retinol taşıyıcı, yağ asitlerini bağlar, antioksidan
β -laktoglobulin	3.2	-	-Laktoz sentezinde rol oynar, Ca taşıyıcı, immunomodulator, antikanserojen
α -laktalbumin	1.2	1.9	-İmmun koruyucu
İmmunoglobulinler	0.7	1.3	-Yağ asitleri taşıyıcı, antioksidan
Serum albumini	0.4	0.4	-Antibakteriyal, antifungal, antiviral, antioksidan, immunomodulator, demir bağlayıcı, antikanserojik, -antiinflamatuvar, yararlı bakterilerin gelişimi teşvik edici
Laktoferrin	0.1		
Laktoperoksidaz	0.03	-	-Antimikrobiyal
Proteoz-pepton	0.8	-	
Lizozim	0.0004	0.1	-Antimikrobiyal
Glikomakropeptit	1.2	-	-Antiviral, enterotoksin bağlayıcı, bifidojenik
Diğerleri	0.8	1.1	

2.2.1. Kazeinin kimyasal yapısı

Süt proteinlerinin yaklaşık %80'ini oluşturan kazein sütte misel halinde bulunur. Kazein misellerinin kuru maddede yaklaşık %93'ünü kazein proteinleri oluştururken geriye kalan kısmını mineraller ve organik asitler oluşturmaktadır. Kolloidal

kalsiyum fosfat formunda proteine bağılı halde bulunan kalsiyum ve fosfat miktar açısından en fazla olan minerallerdir. Kazein bu maddeler ile bir kompleks oluşturur ve bu kompleks, kalsiyum kazeinat-fosfat veya kolloidal kalsiyum fosfat olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle kazein bir fosfoprotein olarak kabul görmektedir (Üçüncü, 2015). Bir kazein miseli, α -kazein, β -kazein ve κ -kazeinden meydana gelmektedir (Tablo 2.5.).

2.2.1.1. α -kazein

α -kazein çözünür Cu^{+2} varlığında çökme eğiliminde olan fosfoproteindir. α_s -kazein, α_{s1} - ve α_{s2} -kazein olmak üzere iki fraksiyon içermektedir. α_{s1} -kazein fraksiyonu toplam kazeinin %37'sini oluştururken α_{s2} -kazein fraksiyonu ise toplam kazeinin %10'unu oluşturmaktadır.

Yapısında iki tane hidrofobik bölge bulunan α_{s1} - kazeinde de diğer kazeinlerde olduğu gibi hidrofobik ve yüklü kalıntılar protein üzerinde belirli bölgelerde toplanmıştır. Yapısındaki aminoasitlerin %8.5'lik kısmını prolin aminoasiti oluşturduğundan dolayı bu proteinler oldukça yüksek esnek polipeptid zincirlerine sahiptirler.

Karboksil ucu yakınlarındaki pozitif yükler ve amin ucu yakınlarındaki negatif yükler nedeniyle α_{s2} -kazein dipolar bir yapıya sahiptir. Tüm kazeinlerin en hidrofilik özelliğe sahip olanı α_{s2} -kazeindir. Diğer kazeinlere oranla daha az prolin içeren α_{s2} -kazein, yüksek fosforilasyon derecesi ve yüklü kalıntılar içermesi nedeniyle pH ve iyonik kuvvete karşı hassasiyet göstermektedir (Yıldırım, 2014).

Kalsiyum ve fosfatın kazeine daha kolay bağlanmasını sağlayan triptik fosfopeptid bağlar α_{s1} ve α_{s2} kazeinlerin yapısında önemli miktarda bulunmaktadır (Demirbaş ve ark., 2012).

2.2.1.2. β -kazein

β -kazein, α -kazein gibi bir fosfoprotein olup çözünür. Cu^{+2} varlığında çökme eğilimi gösterir. Toplam kazeinin %30-35'ini oluşturmaktadır. Tüm kazeinlerin en hidrofobik olanı β -kazeindir. Yapısında bulunan yüksek miktarda prolin, sekonder ve tersiyer yapı oluşumunu engellemektedir. İki uca sahip olan β -kazeinin bir ucu negatif yüklü bir amin iken diğer ucu yüksüz hidrofobik karakterli bir karboksildir (Yıldırım, 2014). β kazeinlerin yapısında bulunan fosfoseril grupları kalsiyum kazeine bağlanmasını sağlamaktadır (Demirbaş ve ark., 2012).

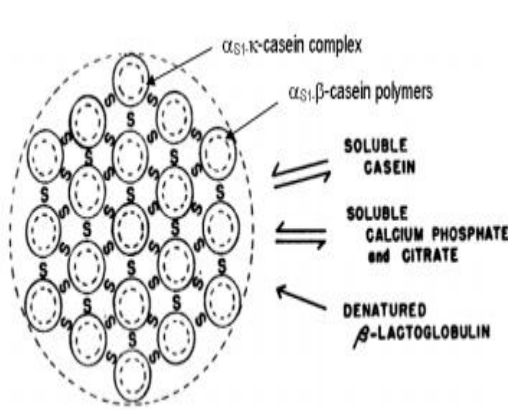
2.2.1.3. κ -kazein

κ -kazein Ca^{+2} iyonlarına karşı dayanıklı bir glikoproteindir. Toplam kazeinin %12'sini oluşturur. Kazein miselinin yüzeyinde bulunarak kolloidal stabilize sağladığı düşünülmektedir. κ -kazein, α - ve β -kazeinden farklı olarak yalnızca bir fosfoserin grubu içerir. Sonuç olarak, κ -kazein diğer kazeinlerle aynı düzeyde Ca^{+2} bağlamaz ve çözünürlüğü Ca^{+2} iyonundan diğer kazeinlere oranla çok daha az etkilenir (Yıldırım, 2014).

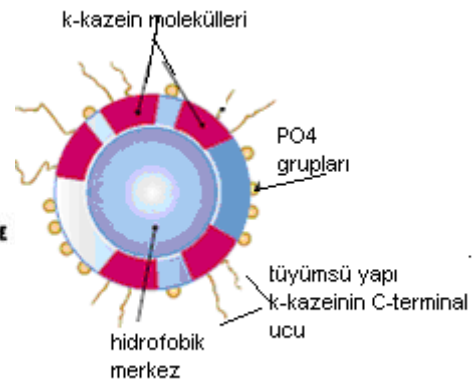
2.3. Kazein Miseli Modelleri

2.3.1. Alt (Sub) misel modeli

İlk alt misel modeli Morr tarafından 1967'de önerilmiştir. Morr, α_{s1} -, β - ve κ -kazein monomerlerinin küçük üniform alt miselleri oluşturduğunu belirtmiştir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi α_{s1} ve κ -kazein ile kaplanan misel yapısı, kolloidal kalsiyum fosfat köprüleri sayesinde bir arada tutulmaktadır (Phadungath, 2005).



Şekil 2.2. α_{s1} - ve κ -kazein ile kaplanan misel yapısı

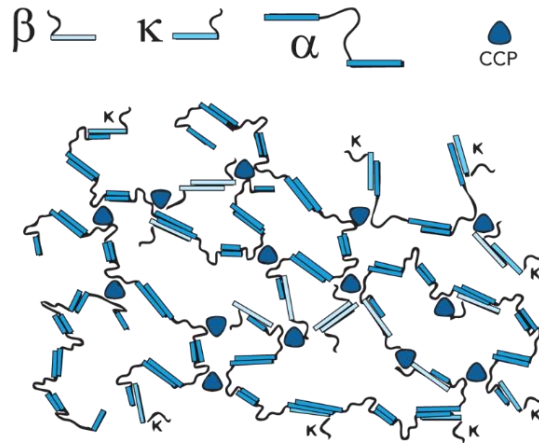


Şekil 2.3. Kazein alt/sub misel (S, koloidal kalsiyum fosfat bağlarını temsil etmektedir.) (Phadungath, 2005).

Ortalama misel boyutu 12-15 nm'dir. Dış yüzey κ -kazein ile kaplıdır. Her bir misel 15-20 kazein molekülü içermektedir. Alt misellerin iç kısmında α_{s1} - kazein ve β -kazein bulunurken yüzey kısmında ise genellikle κ -kazein bulunmaktadır. Birbirlerine yakın alt misellerin bir arada durmasını sağlayan iyonik bağlar ise kalsiyum köprüleri ile oluşturulur (Lucey ve ark., 2003).

2.3.2. Dual - Binding modeli (Internal structure models)

Horne'un çift bağlanma modeli, kazein misellerinin iki tür bağlanma ile bağlandığını önermiştir. Bunlar hidrofobik ve elektrostatik interaksyondur (Phadungath, 2005). Kazein molekülleri self-polimerleşme eğilimi göstermektedir. Koloidal kalsiyum fosfat bu yapının esneklik kazanmasını sağlamaktadır (Lucey ve ark., 2003).



Şekil 2.4. α , β , κ kazein ile kazein misel yapısının çift bağlanma modeli (Phadungath, 2005).

Kazein misel yapısı için çift bağlanma modeli Şekil 2.4.'te gösterilmektedir. Kazeinler arasındaki bağlanma, dikdörtgen çubuk olarak gösterilen hidrofobik bölgeler arasında ve kolloidal kalsiyum fosfat kümelerine fosfoserin kümeleri içeren hidrofilik bölgelerin bağlanmasıyla ortaya çıkmaktadır. κ -kazein molekülleri kalsiyum ile serin-fosfat köprüleri kuramaması nedeniyle kazein miselinin büyümesini sınırlamaktadır (Phadungath, 2005).

2.4. Kazeinin Pıhtılaşması

Süt üretiminin fazla olduğu birçok ülkede sütün önemli bir miktarı peynir üretimi için kullanılmaktadır. Peynir yapımında peynirin verimini ve kalitesini belirleyen en önemli etken sütün pıhtılaşma özelliği olmaktadır. Bu sebepten dolayı süt endüstrisi açısından peynir üretiminin temeli olan sütün rennet ile koagülasyonu büyük önem taşımaktadır. Kazein misellerinin pıhtılaşma peynir yapımının temelini oluşturmaktadır. Pıhtılaşma genellikle asit ve enzimle olmak üzere iki farklı şekilde oluşmaktadır. Her iki yöntemde de kazein çözünmez forma geçmekte ve parçalanmayan bir ağ yapısı meydana getirmektedir. Asit ile pıhtılaşmada protein ağı gevşek olurken enzim ile pıhtılaşmada protein ağı sıkı ve elastik olmaktadır.

a) Asit Etkisiyle Kazeinin Pıhtılaşması

Asidifikasyon esnasında kazein misellerinde farklı biyokimyasal değişimler gözlenir. Bu değişimler, kazein misellerinin demineralizasyonu, asit gruplarının protonasyonu, çözünabilirlikte azalma, kazeinlerin hidrasyonu ve zeta potansiyelidir. Bu birbirini takip eden olaylar, asidifikasyon hızlı olursa kazeinlerin çökmesine ve asidifikasyon yavaş olursa da jelleşmeye neden olur.

Asidifikasyonda laktoz parçalanması (%50), kazein defosforilasyonu (%30) ve kalsiyum fosfat çökmesiyle pH'da azalma meydana gelir. Peynir olgunlaşması esnasında alkalizasyon da gözlenebilmektedir.

Kazein miselleri, pH değişikliklerine karşı çok hassastırlar. Sütte laktik asit miktarının artması sonucu kazein kompleksinin önemli bir yapı taşı olan KKF çözünerek yapıdan uzaklaşır. Kazein misellerinin stabilitesinin bozulması misellerin yüzeyinde gerçekleşen farklılaşmayla ortaya çıktığı kabul edilir. Asitliğin artması misel yüzeyinde bulunan negatif yükü nötrleyerek koagülasyona neden olur.

Kazeinin pıhtılaşması en kolay pH 4.6'da gerçekleşir. Bu pH değeri kazeinin izoelektrik noktasıdır. Bu noktada kazeinlerin pozitif ve negatif elektrik yükleri eşittir.

Kazeinin asit etkisiyle pıhtılaşmasında ısı işlemin de etkisi vardır (Üçüncü, 2015). Isıl işlem ile birlikte denatüre olan serum proteinleri κ -kazein ile S-S köprüleri oluşturarak elektrostatik ve sterik itme etkisini azaltarak kazeinlerin daha yüksek pH değerinde koagülasyonuna neden olur.

b) Enzimatik Etkiyle Kazeinin Pıhtılaşması

Bazı bitkisel, hayvansal ve mikrobiyal kaynaklardan sağlanan proteolitik enzimler kazeini pıhtılaştırır. Bu enzimlerin tamamı asit proteazlar grubunda yer alırlar.

Özellikle hayvansal proteazlardan biri olan rennet (kimozin) enzimi peynir teknolojisinde kullanılmaktadır.

Kimozin enziminin etkisiyle kazein misellerinin pıhtılaşması; (a) enzimatik proteoliz evresi, (b) agregasyon (kümelenme, yığılma) evresi, (c) jelleşme evresi olmak üzere üç aşamada gerçekleşir (Üçüncü, 2015).

2.5. Pıhtının Tamponlama Kapasitesi

Pıhtının tamponlama kapasitesi kalıp kaldırma ve olgunlaşma esnasında enzim aktivitesi ve mikroorganizma gelişmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğundan tamponlama kapasitesindeki değişimler alkalinizasyon ve olgunlaşmanın hızını ve nihayetinde üretilen peynirin kalitesini etkilemektedir. Süt ve süt ürünleri yapısında bulunan fosfat, sitrat, laktat, karbonat, asetat ve propiyonat iyonları gibi birçok bileşenden dolayı tamponlama kapasitesine sahiptir. Aynı zamanda süt proteinlerinin asidik ve bazik ikincil grupları da tamponlayıcı özellik göstermektedir. Serum proteinleri sütteki düşük konsantrasyonlarından dolayı kazeine göre süütün tamponlama kapasitesine daha az katkıda bulunur ve pH 3 ile 4 arasında maksimum tamponlama kapasitesine sahiptir. Bu aralık sütteki asidik aminoasitlerden kaynaklanmadır. Saflaştırılmış kazeinlerin tamponlama kapasitesi fosfoerin ve histidin kalıntılarından etkisiyle pH maksimum 5,0-5,5 civarındadır.

Süt bileşenleri süütün tamponlama kapasitesine farklı derecelerde katkıda bulunur. Bileşenlerin yaklaşık olarak tamponlama kapasitesine katkısı; kazeinler için %35, serum proteinleri için %5, çözünebilir mineraller için %40 ve koloidal kalsiyum fosfat için %20'dir. Beslenme, laktasyon aşaması ve ineğin sağlık durumu da tamponlama kapasitesini etkilemektedir.

Süütün kompozisyonu tamponlama özelliğini doğrudan etkilemektedir. Yüksek protein ve fosfat değerine sahip inek sütlerinin tamponlama kapasitesi de yüksektir. Mastitisli süütün pH 5.1'de tamponlama kapasitesi normal sütükinden daha yüksektir. Bunun sebebi mastitisli süütün normal süttten daha yüksek bir koloidal kalsiyum fosfat konsantrasyonuna sahip olmasıdır (Ayar, 2006).

Peynirin üretim sırasındaki ve depolama süresi boyunca yapısını pH değeri etkilemektedir. Kazeinlerin izoelektrik noktası pH 4,6 olduğundan pH 4,6'ya yaklaştığında kazein molekülleri arasındaki elektrostatik itmeler azalır ve kazein molekülleri arasındaki hidrofobik etkileşimler güç kazanır ve erime özelliği azalır. Düşük pH'ya sahip eritme peynirleri, sert, yarı-sert yumuşak ve kırılgan bir yapı gösterirken, yüksek pH'lı eritme peynirleri yapışkanımsı, nemli ve esnek bir yapı göstermektedir. pH 5,4'den düşük olan eritme peynirlerinde kırılganlık görülmektedir. Bunun nedeni ise izoelektrik noktaya yaklaşan peynirlerde proteinler kendi aralarında kümeleşerek ufalanan taneli yapıya sahip olmaktadır. pH 5,4'te peynirler iyi bir sünme özelliğine sahiptir. Kazeinin izoelektrik noktasından uzaklaşan peynirlerin yapısı yumuşarken pH değeri 4,8-5,2'den düşük olan peynirlerde kuru ve ufalanan bir yapı oluşmaktadır (Solak, 2013).

2.6. Peynir

Peynir, farklı hayvanlardan elde edilen sütlerin pıhtılaştırılarak, ayrılan pıhtının sıkıştırılarak şekil verilmesi ve tuzlanması ile elde edilen, taze veya olgunlaşmış olarak tüketiciye sunulan besleyici bir süt ürünüdür (Öztek, 1996). Hızlı şekilde bozulabilen sütün daha uzun süre saklanması peynir üretimi ile sağlanmaktadır. Sütteki rutubet miktarı azaltılarak 4-5 günden 5-10 yıla kadar olgunlaştırılarak tüketimine imkan sağlamaktadır.

Peynir ile ilgili Türk Gıda Kodeksi kapsamında 01.01.2016 tarihinde yürürlüğe giren ve 08.02.2015 tarihli Resmi Gazetede yayımlanan Peynir tebliğine (TEBLİĞ NO: 2015/6) göre:

Peynir: “Hammaddenin uygun bir pıhtılaştırıcı kullanılarak pıhtılaştırılması ve pıhtıdan peynir altı suyunun ayrılmasıyla veya sütün permeatının ayrılmasından sonra pıhtılaştırılmasıyla elde edilen, farklı sertliklerde ve yağ içeriklerinde, salamura ile veya kuru tuzlama ile tuzlanarak veya tuzlanmadan, starter kültür kullanarak veya kullanmadan, telemesi haşlanarak veya haşlanmadan, çeşnili veya çeşnisiz olarak,

teknikğine uygun olarak üretilen, olgunlaştırılmadan veya olgunlaştırıldıktan sonra tüketilen, çeşidine özgü karakteristik özellikleri gösteren süt ürünlerini” ifade eder.

Peynirlerin bileşimi ve üretim sırasındaki proseslerin farklılıklar peynirlerin fiziksel özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bütün peynirlerin temel yapısını protein ağının oluşturmaya karşın peynir çeşitleri arasında tekstürel özellikler farklılık gözlenmektedir Dünyada ve ülkemizde çok sayıda peyir çeşidi bulunmaktadır. Bu kadar farklı peynir çeşidinin olmasında önemli kriterlerden biri tekstürel özellikleridir Her bir peynir çeşidine özgü tekstürel özellikler vardır. Peynirin tekstürel özelliklerinin değerlendirilmesinde enstrümental analizler içinde en yaygın olarak Tekstür Profil Analizi (TPA) kullanılmaktadır. Peynir tekstürel özelliklerini tanımlamak için sertlik, iç yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik gibi kriterler ölçülmektedir.

Peynirdeki yapının oluşumunu ve peynire özgü tekstürel özellikleri sağlayan temel bileşen proteindir. Proteinler arasındaki hidrofobik etkileşimler ve koloidal kalsiyum fosfat köprüleri yapı oluşumunda etkili olmaktadır. Peynir matrisinde bulunan kazein parçacıkları arasındaki bağın kuvveti hidrofobik etkileşimler ve elektrostatik itmeler arasındaki denge ile sağlanmaktadır.

Proteinlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin moleküler düzeyde açıklanmasında hidrofobik etkileşimleri büyük bir rol oynamaktadır. Apolar madde ile komşu su molekülerinin kendi aralarında güçlü bir hidrojen bağı oluşturarak hidrofobik itme kuvvetini ortaya çıkarmaktadır.

Peynirler, sıcaklığın yükselmesiyle yumuşama ve erime özelliği göstermektedir. Bunun nedeni ise sıcaklığın artmasıyla hidrofobik etkileşimler artarken kazein parçacıkları arasındaki temas alanını azalması ve genel olarak jelin zayıflamasıdır. Peynirin ısısı arttırıldığında elektrostatik itmeler hidrofobik etkileşimlerden büyük ise peynir erir (Cumhur, 2008).

2.6.1. Beyaz peynir

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6)'ne göre beyaz peynir, “hammaddenin peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin, tekniğine uygun olarak işlenmesiyle üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre taze veya olgunlaştırılmış olarak tanımlanabilen, çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren salamuralı peyniri” ifade eder.

Ülkemizde sütlerin mikroorganizma yükünü düşürmek ve peynir verimini arttırmak amacıyla peynire işlenecek sütlere yüksek ısı işlem (78-85°C’de 7-15 dk) uygulanması yaygın kullanılan bir yöntemdir. Üreticiler peynire uygulanan yüksek ısıl işlemin (YIBP) verimi arttırması yanında ürettikleri kültürlü beyaz peynirlerin daha kesilebilir olmasını arzu ederler. Yüksek ısıl işlem uygulayarak üretilen beyaz peynirlerin üretimden kısa süre sonra tüketiciye sunulması ve genellikle rafta daha kısa süre kalmalarından dolayı deneysel peynirler üretimden sonraki ilk 1 ay boyunca incelenmiştir. Bu çalışmada peynirin tenekeye yerleştirildiği üç farklı son pH (4,7, 5,0, 5,3) değerine sahip örnekler 4°C’de muhafaza edilerek 7, 14 ve 28. günlerde alınan numuneler üzerinden yapılan kompozisyon ve tekstür analizleri ile incelenmiştir.

Peynirden beklenen aroma profiline göre peynirler taze olarak ya da olgunlaştırılarak tüketilirler. Olgunlaştırılan peynirlerde olgunlaştırma sürecinde meydana gelen biyokimyasal parçalanmalar sonucu tekstür ve aroma profilinde değişimler meydana gelir. Olgunlaştırılan peynirler taze peynirlere kıyasla daha sert, kırılğan ve yoğun aromaya sahip olurlar.

Peynirin olgunlaştırılmasındaki amaç peynire has tekstür ve aroma profilinin elde edilmesidir. Peynirde olgunlaşma sırasında yapıda bulunan enzimler ve yapıda bulunan mikroorganizmaların aktivitesi ile proteoliz, glikoliz ve lipoliz sonucu büyük ve kompleks bileşikler daha küçük ve aromatik bileşiklere parçalanır. Peynirin olgunlaşmasında tekstürü etkileyen en önemli biyokimyasal olay proteolizdir.

Kazeinlerin parçalanması ile protein matriksi zayıflamakta ve peynir esnek ve çiğnenebilir bir yapıdan kırılgan ve ağızda parçalanan bir yapıya evrilir.

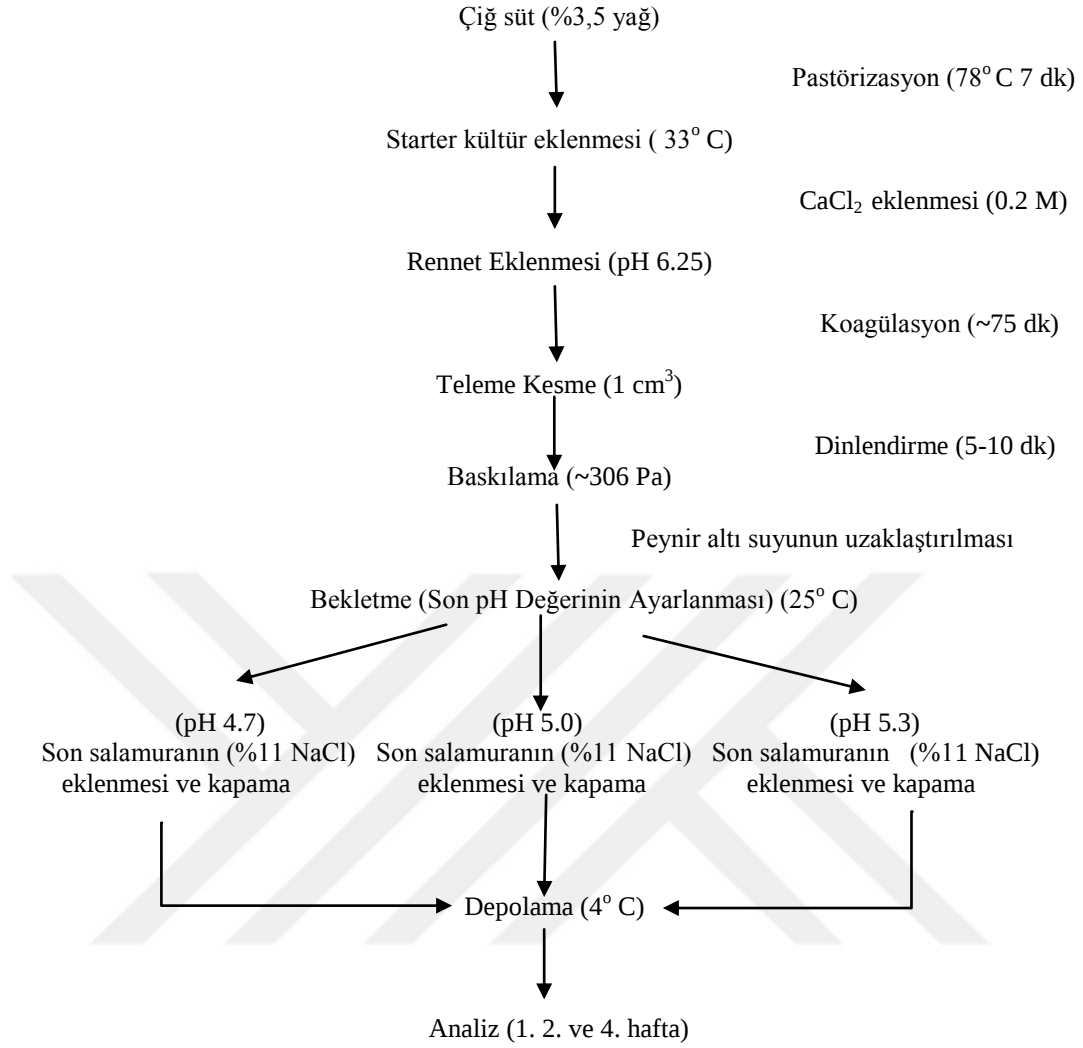


BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD

3.1. Peynir Üretimi

Bu çalışmada farklı zamanlarda 4 peynir üretimi gerçekleştirilmiştir. Deneysel peynirlerin üretimde 950 kg tam yağlı inek sütüne (%3,5 yağ, %11,8 KM) 78 °C’de 8 dakika ısıt işlem uygulanmış ve tekneye alınmıştır (hiçbir üretimde süt homojenize edilmemiştir). Sütün sıcaklığı 38 °C’ye ulaştığında direk tekneye katılan (direct vat set) termofil ve mezofil starter kültürler karıştırılarak (MicroMilk MO1/ TM1 1/1 oran ile) 1,6 dozi olarak süte katılmıştır. Süte pH değeri ~6,3’e ulaştığında 0,2 M CaCl katılmış ve pH 6,2’ye vardığında sıvı buzağı renneti (1:16000 IMCU; Naturen®; Chr. Hansen, İstanbul, TÜRKİYE) 100 kg süte 14 g olacak şekilde eklenmiştir. Koagülasyon sonunda (~75 dk, pH ~6,0) teleme 0,5 cm boyutlarında kesilmiş ve özel üretilmiş 3 baslıklama haznesinde baskıya alınmıştır. Her baskı haznesinde bulunan teleme hedeflenen pH değerlerine ulaştığında (5,3, 5,0 ve 4,7) telemeler 8×7×5 cm boyutlarında kesilmiş ve %11’lik salamura ile kapatılıp soğuk depoya aktarılmıştır.

Önemli not: bir tekne içinde baskılanan teleme kesildikten sonra tekne içinden peynir blokları çıkartıldığında kalan peynir blokları alınan telemelerin olduğu yöne doğru yamulmakta ve kalan bloklarda şekil bozukluklarına yol açmaktaydı. Örneğin, pH 5,3 için örnek alındığında pH 5,0 ve 4,7’e kadar bekleteceğimiz peynir bloklarının dikdörtgenler prizması şekli bozulmakta ve yükseklikleri azalmaktaydı. Özellikle kesilme kırılabilirliği analizi için peynirlerin dikdörtgenler prizması şekli elzem olduğundan meydana gelen şekil bozuklukları tekstür analizlerinde sorun teşkil etmekteydi. Bu sebeple 3 özel baskılama haznesi yaptırılmış olup her pH değerinde alınacak örnek, hedef pH değerine vardığında kesilip salamurası eklenerek kapatılmıştır. Nem miktarlarında farklılığın ortaya çıkmaması için tüm haznelerdeki baskı aynı anda kaldırılmıştır.



Şekil 3.1. Beyaz Peynir Üretim Akış Şeması

3.2. Peynirin Analizleri

3.2.1. Peynirin kompozisyon analizleri

Sütte bulunan kuru madde (941.08; AOAC, 2007), protein (930.33; AOAC, 2007), yağ (2000.18; AOAC 2007), kül (945.46; AOAC 2007) ve asitlik (947.05; AOAC 2007) üretim öncesinde alınan örneklerle üretim gününde ölçülmüştür. Peynirdeki kuru madde (941.08; AOAC, 2007), protein (930.33; AOAC, 2007), yağ (2000.18; AOAC 2007), kül (945.46; AOAC 2007) ve tuz (975.20; AOAC 2007) depolamanın 1., 2., 4., ve 8. haftalarında takip edilmiştir. Peynirlerin pH değerleri mızrak başlı pH elektrodu (Inlab® solid pro; Mettler Toledo, Columbus, OH, ABD) ile depolama

boyunca izlenmiştir. Peynirdeki çözünür kalsiyum Pastorino ve ark. (2003a) yöntemiyle elde edilmiş, peynir ve peynirden elde edilen ekstraktta bulunan kalsiyum ve sodyum (Park, 2000) tarafından tarif edildiği gibi endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi ile 1., 2., 4. ve 8. haftalarda takip edilmiştir. Kolloidal halde bulunan kalsiyum Pastorino ve arkadaşları (2003a)'de tarif edildiği şekilde toplam kalsiyum miktarından suda çözünür kalsiyumun çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Peynirdeki proteoliz, suda çözünen azotlu bileşiklerin (water soluble nitrogen) (Kuchroo ve Fox, 1982)'da tarif edildiği şekilde elde edilmiş ve depolamanın 1., 2., 4. ve 8. haftalarında analiz edilmiştir.

3.2.2. Tekstür analizleri

Peynir örnekleri 15 mm yükseklik ve 20 mm çap boyunlarında hazırlanmış olup örneklerin sertliği, kırılma gerinimi ve kohesifliği TA.XTPlus (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, USA) tekstür analiz cihazı yardımıyla 5mm çaplı silindirik disk ile 0.08 mm/s hızda iki kez %30 gerinim (strain) ile ölçülmüştür (Hwang ve Gunasekaran, 2001).

Peynirin kesilme kırılmalılığı ise bıçak seti probu (HDP/WBV; Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, USA) ile ölçülmüştür. Sıcaklıkları 4-6 °C olan peynir blokları (8×7×5 cm) kesme platformunun üzerine yerleştirilmiş 20 mm/s hızda 2 cm kalınlığında 3 kesme işlemi yapılarak test gerçekleştirilmiştir. Kesilmede oluşan kırıklar elekler (2, 1, ve 0.5 cm²) yardımıyla sınıflandırılmış ve tartılmıştır.

3.3. Deneyisel Dizayn ve İstatistik Analizleri

Peynir üretimleri 4 farklı zamanda yapılan tekrarlarla gerçekleştirilmiş olup her üretimde 3 kapama pH'sında (5,3, 5,0, 4,7) peynirler üretilmiştir. Uygulanan kapama pH'sının (K) ve olgunlaştırma süresinin (Z) suda çözünür azotlu bileşiklerin, peynirdeki çözünür ve kolloidal kalsiyum miktarının, ve tekstürel parametreler üzerine etkileri parça-parcel (split-plot) dizayn ile incelenmiştir. Tüm-parcel faktöründe, peynirin üretildiği zaman (Ü) blok faktörü olarak ele alınmış ve kapama pH'ları kesikli değişken olarak ele alınmıştır. Olgulaştırma zamanı (Z) ve

olgunlaştırma zamanı ile uygulanan kondisyonun etkileşimi ($Z \times K$) değişkenler olarak parça-parcel faktörü için ele alınmıştır. Kapama pH değeri ve peynirin üretildiği zamanın etkileşimi ($K \times \ddot{U}$) ise hata faktörü olarak ele alınmıştır. İstatistiksel analizler JMP (11.0 versiyon; SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Veriler varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş, istatistiksel farklılık Tukey-HSD çoklu karşılaştırma testi yardımıyla $p < 0.05$ düzeyinde belirlenmiştir. Farklı veriler arasındaki ilişki Pearson's korrelasyonu ile belirlenmiştir.



BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kompozisyon ve Kolloidal Kalsiyum

Deneysel peynir örneklerinin genel kompozisyonu Tablo 4.1.'de verilmiştir. Kapama pH'sı 4,7 olan peynirler pH 5,3 ve 5,0'da kapanan peynirlere göre daha yüksek kuru madde, ve buna bağlı olarak daha yüksek protein miktarına sahip oldukları gözlemlenmiştir. Peynirlerin su tutma kapasitesinin kazeinlerin izo-elektrik noktası olan pH 4,6'ya yaklaştıkça azaldığı bilinmektedir (Pastorino ve ark., 2003b). Peynir üretimi sırasında telemin izo-elektrik noktaya daha yakın pH değerine kadar bekletilmesi pH 4,7'de kapatılan peynirlerden daha fazla nemin uzaklaşmasına ve daha yüksek peynir kuru maddesi ve protein miktarına sahip olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan depolama sırasında meydana gelen asitlik gelişimi ile tüm deneysel peynirler 4. haftadan sonra benzer kuru madde değerlerine sahip olmuşlardır. Ayrıca deneysel peynirlerin kuru madde miktarları 8 haftalık depolama süresinde yaklaşık %5 azalma göstermiştir (sonuçlar gösterilmiyor). Peynirlerin yağ, tuz ve kül miktarlarında istatistiksel ($p>0.05$) farklılıklar gözlemlenmemiştir. Peynirlerin tuz miktarları 8 Şubat 2015'te yayınlanan (Sayı: 29261) yeni Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğinde kuru maddede %6,5'ten az olarak belirtilen sınırın civarında kalmıştır ($\pm\%1$) ve sodium miktarlarında istatistiksel farklılık gözlemlenmemiştir.

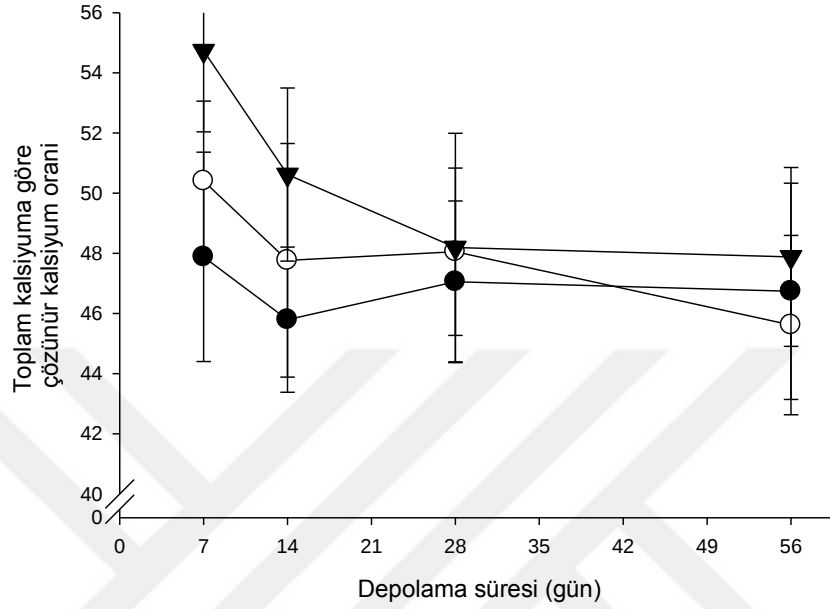
Tablo 4.1. Deneysel peynir örneklerinin üretimin 2. haftasında ölçülen nem, yağ, protein, tuz, kül, Ca ve Na oranları.

	pH 4,7	pH 5,0	pH 5,3
Nem (%)	59,5 ± 1,4a	62,3 ± 1,6b	62,7 ± 1,9b
Yağ (%)	20,4 ± 3,8	19,0 ± 3,4	19,7 ± 3,8
Protein (%)	15,2 ± 1,3a	12,8 ± 1,4b	13,1 ± 1,7ab
Tuz (%)	2,7 ± 0,9	2,6 ± 1,0	2,7 ± 1,1
Kül (%)	4,7 ± 0,9	4,9 ± 0,9	5,1 ± 0,6
Ca (mg 100 g-1)	302 ± 12	289 ± 34	322 ± 38
Na (mg 100 g-1)	779 ± 109	841 ± 120	850 ± 97

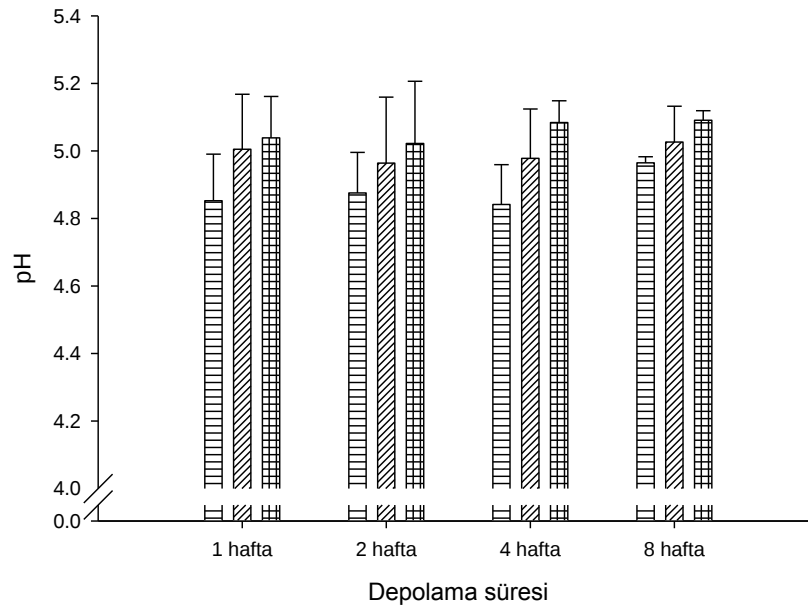
Aynı satırda bulunup aynı üst simge konumundaki harfi paylaşmayan ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (p < 0,05).

Peynirlerin toplam kalsiyum miktarları Tablo 4.1.'de ve proteine bağlı KK'un depolama sürecince toplam kalsiyum'a olan oranları Şekil 4.1.'de verilmiştir. Farklı kapama değerlerine sahip peynir örnekleri için toplam kalsiyum miktarları ve depolama süresi boyunca koloidal kalsiyum miktarları arasında istatistiksel farklılık (p>0.05) gözlemlenmemiştir. Literatürdeki çalışmalarda peynirde KK'un büyük bölümünün depolamanın/olgunlaştırmanın ilk haftasında çözündüğünü ve olgunlaşmanın 1. ayından sonra peynirdeki koloidal kalsiyum miktarlarında herhangi bir değişim gözlemlenmediği bildirilmiştir (Lucey ve ark., 2003; Hassan ve ark., 2004). Bizim çalışmamızda tüm deneysel peynirler 1. hafta sonunda benzer pH değerleri göstermişlerdir (Şekil 4.2.). Bu sebeple daha yüksek pH değerinde kapatılan (pH 5,3 ve 5,0) peynirler ile pH 4,7'de kapatılan peynirler arasında benzer KK değerleri gözlemlenmesi, 1. haftanın sonunda peynirlerin benzer pH değerlerinde ulaşması ile KK'un benzer oranda çözünmesi sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Geçmiş çalışmalarda peynirdeki KK'un toplam kalsiyum miktarının en az %40'ı seviyelerine indiği belirtilmektedir (Hassan ve ark., 2004; Lee ve ark., 2005). Beyaz peynirin literatürdeki peynirlerden farklı nitelikte olması (asitliğin ve nem miktarının yüksek olması) KK seviyelerinin beyaz peynirde %40'ın altına düşbilme ihtimalini

multemel kılmaktaydı. Fakat literatürdeki çalışmalara benzer şekilde tüm beyaz peynir örneklerimiz deplomanın 4. haftasında KK %40 seviyelerine düşmüş ve depolama süresi boyunca bu seviyelerde kalmıştır.



Şekil 4.1. pH 4,7 (●), 5,0 (○), ve 5,3 (▼)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca kolloidal kalsiyumun toplam kalsiyuma göre yüzde değişimi.

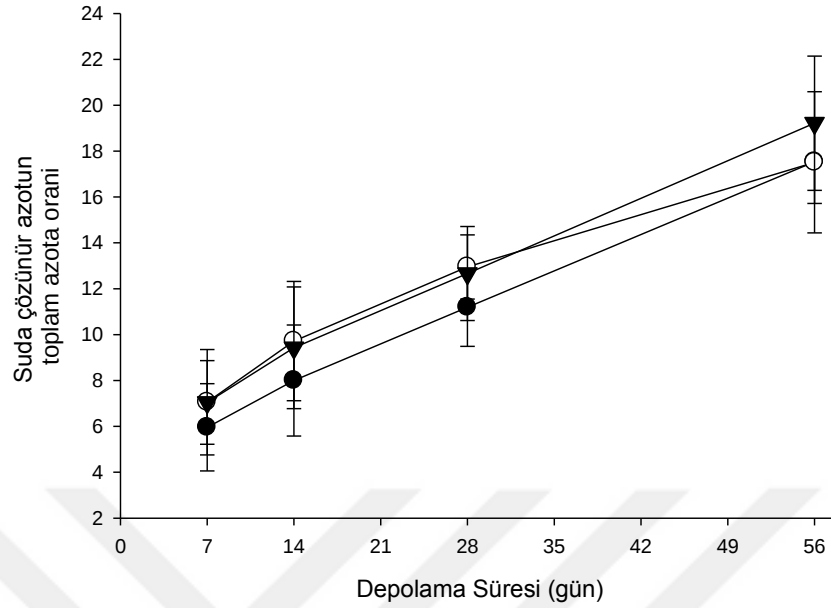


Şekil 4.2. pH 4,7 (□), 5,0 (▨), ve 5,3 (▩)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca pH değerleri.

4.2. Proteoliz

Proteoliz peynirin aroma gelişmesindeki en önemli aşamalardan biri olup üretim sonrası peynirde kalan koagülan tarafından gerçekleştirilen birincil proteoliz (primary proteolysis) olgunlaştırmayan peynirlerde protein parçalanmasındaki en önemli faktördür (Grappin ve ark., 1985). Bu çalışmada depolama süresi boyunca peynirde meydana gelen birincil proteoliz suda çözünen azot (SÇA) miktarının ölçülmesiyle takip edilmiştir. Farklı pH değerlerinde kapatılan beyaz peynir örnekleri depolama süresi boyunca benzer SÇA miktarları göstermişlerdir (Şekil 4.3.). Peynirde birincil proteolize etki eden faktörler; kullanılan enzimin miktarı, enzimin türü ve çevresel (ör; pH, nemde tuz miktarı) faktörlerdir (Grappin ve ark., 1985). Deneysel beyaz peynirlerin sahip olduğu pH ve tuz miktarları, kazeinlerin yapıda kalan rennet tarafından parçalanmasına imkan verecek sınırlar içerisindedir.

Grappin ve ark. (1985)'nin kalıntı rennetin yumuşak peynirlerde pH 5,0 ve %4 nemde tuzda α_{s1} -kazeini en yüksek oranda parçaladığı, β -kazein üzerine etkisinin ise izo-elektrik pH civarında %2,5 tuz konsantrasyonundan etkilenmediğini bildirmişlerdir. Ayrıca yapılan çalışmada para- κ -kazeinin birincil proteolizden etkilenmediği de ortaya konulmuştur. Çalışmamızda her ne kadar deneysel peynirler farklı pH değerlerinde kapanmış olsa da 1. hafta sonunda tüm peynirler benzer pH değerleri göstermiştir. Peynir örneklerinin benzer kompozisyon ve pH değerlerine sahip olması depolama boyunca peynirlerin benzer SÇA miktarları göstermesine yol açmıştır.

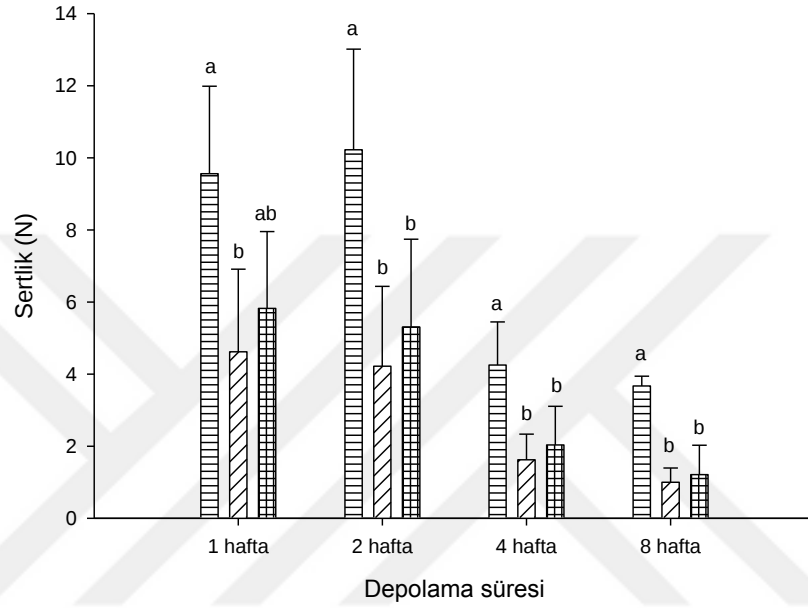


Şekil 4.3. pH 4,7 (●), 5,0 (○), ve 5,3 (▼)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca suda çözünür azotun toplam azota oranı.

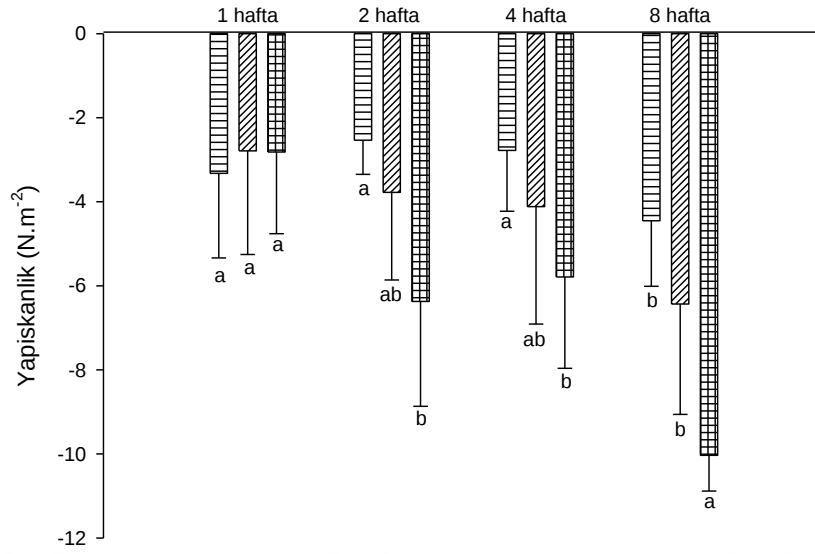
4.3. Tekstürel Özellikler

Deneysel peynirlerin tekstür profil analizinden elde edilen sertlik sonuçları Şekil 4.4.'de verilmiştir. Kapama pH'sı 4,7 olan peynirler pH 5,3 ve 5,0'da kapanan peynirlere göre daha sert ($P<0,05$) bir yapı göstermişlerdir (Şekil 4.4.). Lucey ve ark. (2003)'nın peynirin pH değerinin izo-elektrik noktaya yaklaştıkça peynirlerin sert ve kırılgan bir yapı gösterdilerinden bildirmiştir. Bizim çalışmamızda pH 4,7'de kapatılan peynirlerin daha yüksek kuru madde içeriğine sahip olması pH 5,3 ve 5,0'da kapatılan peynirlere oranla daha sert bir yapı göstermesine yol açtığını düşünmekteyiz. Ayrıca her ne kadar peynirlerin pH değerleri istatistiksel farklılık göstermese de pH 4,7'de kapatılan peynirlerin daha düşük pH değerine sahip olması bu peynirlerin sertliğinin pH 5,3 ve 5,0'da kapatılan peynirlere oranla daha yüksek olmasına etki etmesi muhtemeldir. Tekstür profil analizi sonucunda peynirlerin adhesiflik ve kohesifliğinde herhangi bir istatistiksel farklılık ($p>0,05$) gözlemlenmemiştir (sonuçlar gösterilmiyor). Fakat kesme testinde (başka bir deyişle büyük deformasyonda) pH 5,0 ve 5,3'te kapatılan peynirler için kesme testinden elde edilen yapışkanlığının istatistiksel olarak önemli şekilde ($p<0,05$) depolama

süresiyle arttığı ($r = 0.98$ ve 0.91 , sırasıyla) gözlemlenmiştir (Şekil 4.4.). pH 5,3'te kapatılan peynirler depolamanın 2. haftasından itibaren pH 4,7'de kapatılan peynirlere göre kesme testinde daha yapışkan ($p < 0,05$) bir yapı göstermiştir. Yüksek pH değerlerinde peynirlerin kapatılması, peynir üreticilerinin “lokumlu” olarak nitelendirdiği yumuşak ve yapışkan tekstür oluşumuna yol açmıştır.

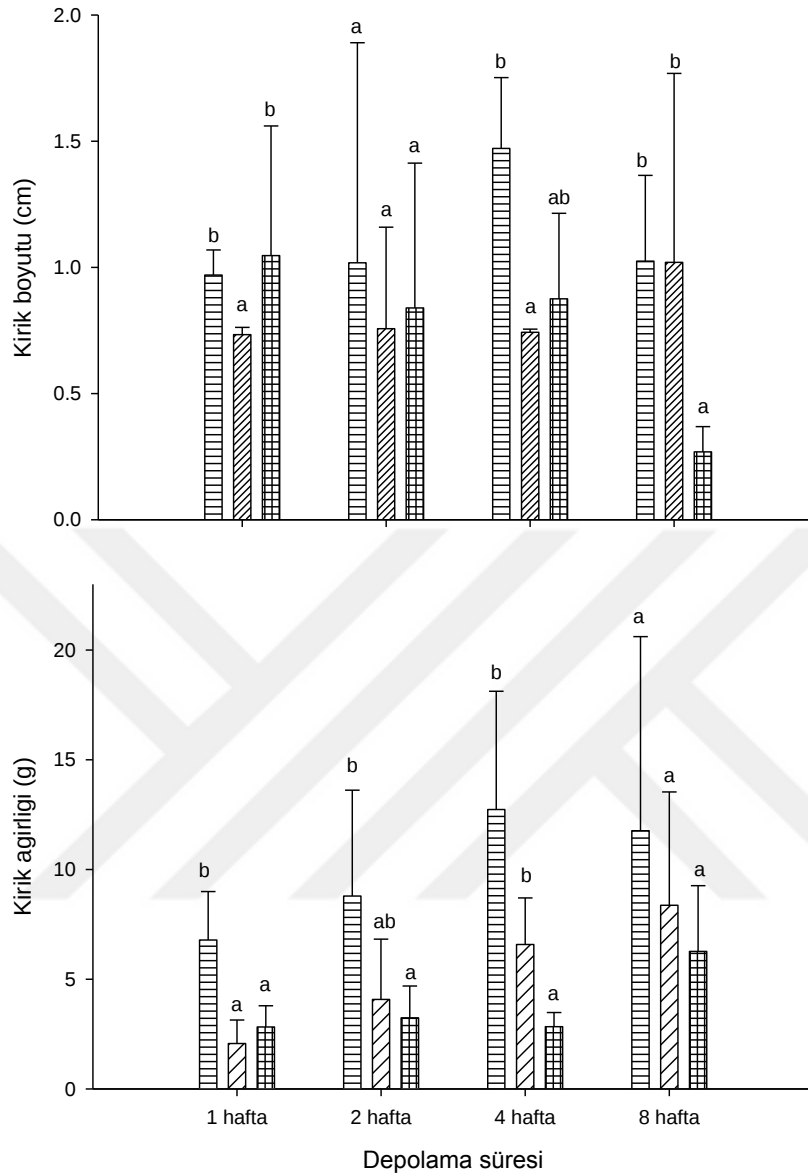


Şekil 4.4. pH 4,7 (□), 5,0 (▨), ve 5,3 (▩)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca tekstür profil analizinden elde edilen sertlik değerleri (aynı haftada bulunup aynı harfi paylaşmayan sütunlar istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$)).



Şekil 4.5. pH 4,7 (□), 5,0 (▨), ve 5,3 (▩)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca kesme testinden elde edilen yapışkanlık (adhesiflik) değerleri (aynı haftada bulunup aynı harfi paylaşmayan sütunlar istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$)).

Kesme testinde peynirlerde oluşan kırıkların boyutları ve ağırlıkları Şekil 4.6.'da verilmiştir. Kapama pH'sı 5,0 olan peynirler 1. ve 4. haftalarda pH 4,7'de kapatılan peynirlere göre daha düşük boyutta kırık oluşumuna yol açmıştır. Depolamanın 8. haftasında pH 5,3'te kapatılan peynirler pH 5,0 ve 4,7'de kapatılan peynirlere göre kesme sırasında daha düşük boyutta kırıklar oluşturmuştur. Deneysel peynirlerin oluşturdukları kırıklar boyutları ve kapama pH değerleri arasında bir korrelasyon gözlemlenmemiştir (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. pH 4,7 (□), 5,0 (▨), ve 5,3 (▩)'de kapatılan beyaz peynir örnekleri için depolama süresi boyunca kesme testinden elde edilen kırıkların boyutları ve kırıkların ağırlıkları (aynı haftada bulunup aynı harfi paylaşmayan sütunlar istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$)).

Öte yandan pH 5,3'te kapatılan peynirler depolamanın 1., 2., ve 4. haftalarında pH 4,7'de kapatılan peynirlere oranla kesme sırasında daha düşük ağırlıkta kırık oluşumuna yol açmıştır. Oluşan kırık ağırlığı ile peynirlerin pH değeri arasında anlamlı ($p < 0,05$) negatif korrelasyon ($r = 0,63$) gözlemlenmiştir. Peynirde üretim sırasında oluşan boşluklar gibi büyük açıklıkların (macro opening) peynirde kırılabilirliği (fracture) arttırdığı bilinmektedir (Akbulut, 2012). Daha yüksek pH değerinde kapanan peynirlerin daha yumuşak yapısı sayesinde üretim sırası ve

depolama süresinde boşluklar daha az oluşmuş ve böylece daha az kırık ağırlığının oluşmasına yol açmış olması muhtemeldir. Geçmiş çalışmalarda peynir pH'sının peynirin adhesifliği ve kohesifliği üzerine önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Akbulut, 2012). Daha yüksek pH değerine sahip olan peynirlerin öğütüldükten sonra bir araya konulduğunda daha yüksek oranda yapışkanlık gösterdiği ve parçaların büyük oranda bir araya gelip homojen bir blok oluşumuna yardımcı olduğu da belirtilmiştir (Akbulut, 2012).



BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Peynirlerin kapama pH değeriindeki artış daha yumuşak ve yapışkan peynirlerin üretilmesine yol açmıştır. Kapama pH değeriindeki artış ile ortaya çıkan tekstürel farklılık peynirin kesilmesi ile oluşan kırık ağırlığını azaltmıştır, fakat kırık boyutları ile kapama pH'sı arasında bir ilişki gözlemlenememiştir. Beyaz peynirlerin kapama pH değerleri depolama sırasında protein bağlı bulunan KK miktarlarını etkilememiştir. Bu çalışma beyaz peynirde depolama sırasında KK miktarının ve beyaz peynirde kesilme sırasında oluşan kırıkların incelendiği ilk çalışma olmasının yanında yeni peynir tebliğindeki tuz standartları içerisinde üretilen beyaz peynirlerin incelendiği ilk çalışma olma niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Akbulut, C. 2012. "A study on the impact of physical disruption and reforming on cheese texture", Doktora tezi, The University of Wisconsin-Madison, ABD.
- Anonim. 2012. Ulusal Süt Konseyi. "Dünya ve Türkiye’de süt sektörü istatistikleri".
http://www.ulusalsutkonseyi.org.tr/media/812014_05_22_905419.pdf,
Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018.
- AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. (18. Basım). Association of Official Analytical Chemists International, Editör: Horwitz W., Latimer W. G. Maryland, ABD.
- Ayar, A. ve Sert, D. Sütün Tamponlama Kapasitesi ve Önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 725-728, 2006.
- Badem, A. Rennet Kazeinin Kaşar Peynirinin Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalite Niteliklerine Etkisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- Cumhur, Peynir Benzeri Bir Üründe Farklı Protein Kaynaklarının Yapısal Özelliklere Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- Demirbaş, Ö. Karadağ, A. Dalkıran V. ve Yıldız, C. Kazein Yüzeyine Metil Violetin Biyosorpsiyonu. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(1), 93-102, 2012.
- Grappin, R., Rank, T. C., Olson, N. 1985. "Primary proteolysis of cheese proteins during ripening. A review." Journal of Dairy Science, 68, 531-540.
- Gür, F. Güzel, M. Öncül, N. Yıldırım Z. ve Yıldırım, M. Süt Serum Proteinleri ve Türevlerinin Biyolojik ve Fizyolojik Aktiviteleri. Akademik Gıda, 8(1), 23-31, 2010.
- Hassan, A., Johnson M. E., Lucey J.A. 2004. "Changes in the proportions of soluble and insoluble calcium during the ripening of Cheddar cheese" Journal of Dairy Science, 87, 854-862.
- Hayaloglu, A. A., Guven M., Fox P. F. 2002. "Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White cheese 'Beyaz Peynir'", International Dairy Journal, 12, 635-648.
- Horne, D.S. 1998. "Casein interactions: casting light on the black boxes, the structure in dairy products", International Dairy Journal, 8, 171-177.

- Hwang, C. H., Gunasekaran S. 2001. "Measuring crumbliness of some Queso Fresco-type Latin American cheeses", *Milchwissenschaft*, 56, 446-450.
- Khosroshahi, A., Madadlou A., Mousavi S. M., Djome Z. E. 2006. "Monitoring the chemical and textural changes during ripening of Iranian White cheese made with different concentrations of starter", *Journal of Dairy Science*, 89, 3318-3325.
- Kuchroo, C. N., Fox P. F. 1982. "Soluble nitrogen in Cheddar cheese: comparison of extraction procedures", *Milchwissenschaft*, 37, 331-335.
- Lee, M. R., Johnson M. E., Lucey J. A. 2005. "Impact of modifications in acid development on the insoluble calcium content and rheological properties of Cheddar cheese", *Journal of Dairy Science*, 88, 3798-3809.
- Lucey, J. A., Fox P. F. 1993. "Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review", *Journal of Dairy Science* 76, 1714-1724.
- Lucey, J. A., Johnson M. E., Horne D. S. 2003. "Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese", *Journal of Dairy Science*, 86, 2725-2743.
- Metzger, L. E., Barbano D. M., Kindstedt P. S., Gue M. R. 2001. "Effect of milk preacidification on low fat Mozzarella cheese: II. Chemical and functional properties during storage", *Journal of Dairy Science*, 84, 1348-1356.
- O'Mahony, J. A., Lucey J. A., McSweeney P. L. H. 2005. "Chymosin-mediated proteolysis, calcium solubilization and texture development during the ripening of Cheddar cheese", *Journal of Dairy Science*, 88, 3101-3114.
- Öztek, L., Nisan 1996, "Peynirlerde Olgunlaşma Ve Buna Etkili Olan Faktörler", "Her Yönüyle Peynir", Editör: M. Demirci. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 124-142.
- Öztürk, H.İ. Geleneksel Yöntemle Üretilen Tulum Peynirlerinin Bazı Kalite Özelliklerinin, Biyoaktif Peptid İçeriklerinin ve Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- Park, Y. W. 2000. "Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA", *Small Ruminant Research*, 37, 115-124.
- Pastorino, A. J., Hansen, C. L., McMahon, D. J. 2003a. "Effect of salt on structure-function relationship of cheese", *Journal of Dairy Science*. 86, 60-69.
- Pastorino, A. J., Hansen, C. L., McMahon, D. J. 2003b. "Effect of pH on chemical composition and structure-function relationships in Cheddar cheese", *Journal of Dairy Science*. 86, 2751-2760.
- Phadungath, C. "Casein Micelle Structure: A Concise Review", *Songklanakarin J. Science Technology*, 27(1), 201-212, 2005.

- Sheehan, J. J., Guinee T. P. 2004. "Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced fat Mozzarella cheese", international Dairy Journal, 14, 161-172.
- Solak, B. Farklı Tip Peynirler Kullanılarak Üretilen Eritme Tipi Peynirlerin Üretimi Esnasında Uygulanan İşlem Parametrelerinin Peynirin Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- Topcu, A., Saldamli I. 2006. "Proteolytical, chemical, textural, and sensorial changes during the ripening of Turkish White cheese made of pasteurized cows' milk", International Journal of Food Properties, 9, 665-678.
- Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği (Tebliğ No: 2000/6)
- Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6)
- Üçüncü, M. Süt ve Mamulleri Teknolojisi. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 036, İzmir, 2015, Baskı 5.
- Ünal, R. ve Besler, T. Beslenmede Sütün Önemi. Klasmat Matbaacılık, 727, Ankara, 2008.
- Wium, H., Qvist K. B. 1998. "Effect of rennet concentration and method of coagulation on the texture of Feta cheeses made from ultrafiltered bovine milk", Journal of Dairy Research, 65, 653-663.
- Yıldırım, S. Farklı Orijinden Sütlerin Rennetlenme Kinetiklerinin Yüzey Hidrofobisitesi Yaklaşımıyla İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- Yılmaz, L. Akpınar Bayizit, A. ve Özcan Yılsay, T. Süt Proteinlerinin Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Kullanılması. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1), 59-64, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Tuğba PAMUKSUZ, 15.12.1992’de Sakarya’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya’da tamamladı. 2010 yılında Sapanca Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2010 yılında başladığı Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nü 2016 yılında bitirdi. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2017-2019 yıllarında Progıda Tarım Ürünleri San. ve Tic. A.Ş.’de Kalite Kontrol Sorumlusu olarak çalıştır. 2019 yılında başladığı Sodexo Entegre Hizmet Yönetimi A.Ş. ’de Mesul İşletme Müdürlüğü görevini halen yapmaktadır.